Простая наука для детей

Физика без формул

Кто изобрел лампочку?

Что такое ультразвук?

Зачем нужны магниты?

Отчего рассеивается свет?

Почему бьет молния?

Аванта

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

«Физика без формул» замечательного автора и популяризатора науки Александра Анатольевича Леоновича легко и увлекательно расскажет школьникам об атомах и молекулах, квантах и кварках, о магнитных полях, звуковых волнах и электричестве. Предупреждаем: будет интересно! Для среднего школьного возраста.

- Александр Анатольевич Леонович
  -
  - Предисловие
  - Мир тепла
    -
    - Что внутри вещества?
    - Зернышки-атомы и ягодки-молекулы
    - Молекулы-непоседы
    - Три царства состояний вещества
    - Как проникают вещества друг в друга?
    - Отчего «разбухают» тела?
    - Как плавятся металлы и замерзает вода?
    - Отчего, испаряясь, вода холодит?
    - Почему выпадает роса?
    - Можно ли воду носить в решете?
    - Что тянет воду вверх?
    - Где тепло, а где — температура?
    - Сколько всего температур?
    - Что такое излучение и конвекция?
    - Как удержать или «сбросить» тепло?
    - Каковы температурные рекорды?
    - Что дольше всего хранит тепло?
    - Аккумуляторы тепла
    - Как заставили работать пар?
    - От водяного пара — к газу
    - Как превратить тепло в работу?
    - Паровоз — хорошо, а тепловоз — лучше
    - Как холодильник «холодит»?
    - Что берет в полет ракета?
  - Мир электричества
    -
    - Отчего водолазки «трещат»?
    - Почему бьет молния?
    - Каким законам подчиняются заряды?

- Что такое электрический конденсатор?
- Как выглядит заряд?
- Где легче «бегать» заряду?
- Откуда «бьет» источник тока?
- Бег по кругу
- Как соединять проводники в цепи?
- От чего зависит ток?
- Чем греют ныне воду в самоваре?
- Ток течет — заряд сохраняется
- Легко ли изобрести лампочку?
- Бег по пересеченной местности
- Как в воде возникнет ток?
- Машины на электрическом ходу
- Блестящий обман электролиза
- Откуда ток берется в пустоте?
- Что роднит молнию и сварочный аппарат?
- Миниатюрный, надежный? — В космос!
- Без потерь по проводам
- Как зарядиться давлением?
- Поле — стремительный гонец

○ Мир магнетизма

-
- Зачем нужен компас?
- Как бродят полюса?
- На севере ли северный полюс?
- Вести с магнитных полей
- Как «выглядят» поля?
- Поле… С катушек сошло
- Без постоянных магнитов
- Когда запищала «морзянка»?
- «У меня зазвонил телефон…»
- Как заговорило радио?
- Как настроить приемник?
- Радиоприветы из космоса

○ Мир звука

-
- Как создать звук?
- Звук «выдают» волны
- То вдоль, то — поперек
- Чей слух острее?
- Что такое звуковой диапазон?
- Инфразвук — предвестник беды
- Ультразвук «щупает» дно
- Как говорят дельфины?

- Ультразвуки — мастера на все руки
- «Ау, кашалот, откликнись!»
- Как войти в резонанс?
- Как «законсервировать» звук?
- Игры с небесной хлопушкой

○ Мир света

-
- Какова стрелка у солнечных часов?
- «Неча на зеркало пенять…»
- Как увидеть дно реки… над головой?
- Отчего рассеивается свет?
- Почему «всплывает» монетка?
- Как лучик можно повернуть?
- Куда отклонят линзы луч?
- Верно ли мы видим мир?
- «Нет очков у тети Вали…»
- Познакомьтесь с бактерией!
- Свет — волна и свет — частица
- Как исчезает свет?
- Кто «отвечает» за цвет?
- Что такое радуга?
- Как быстро бегает свет?
- Можно ли усилить свет?
- Какие лучи за краем радуги?
- Чем сфотографировать наш скелет?
- Какие лучи самые короткие?
- Внутри волны — частица, внутри частицы — волна
- Как свет «выдергивает» электроны?
- Портрет фотона: анфас и в профиль

○ Что такое радиоактивность?

-
- Кто «сидит» внутри атома?
- Кружиться? Строго по правилам Бора
- Рыбак рыбака видит издалека
- «Из чего же, из чего же сделаны»… ядрышки?
- «Ядра — чистый изумруд…»
- Как распадаются ядра?
- Почему взрывается атомная бомба?
- Как работает мирный атом?
- Почему светит солнце?
- Удастся ли укротить «термояд»?
- Масса — это энергия?
- Что такое аннигиляция?

- Можно ли поймать кварк?
- Отчего неуловимы нейтрино?
- Хотите отправиться в будущее?
- Что такое черная дыра?
- Существует ли «Формула Мира»?

○ Миражи космические и земные

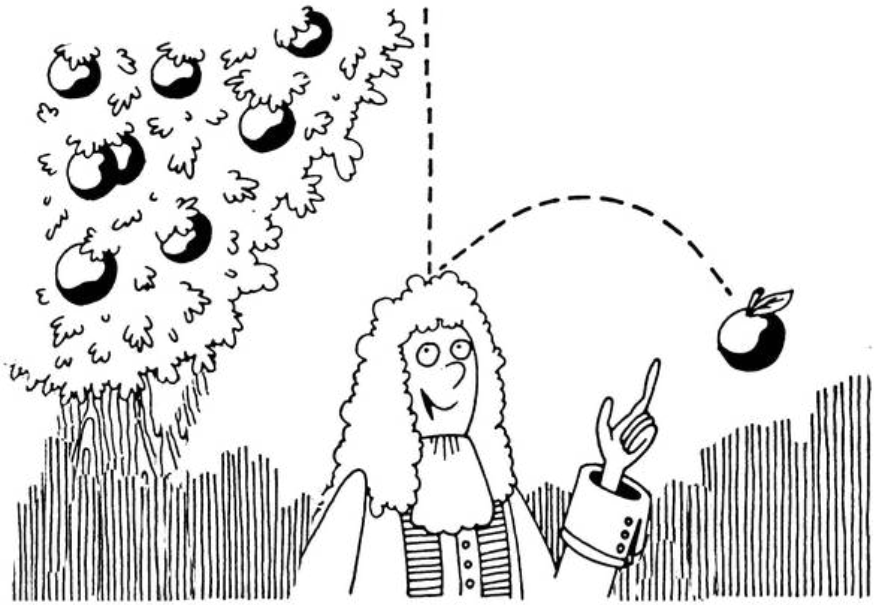
-
- Где появляются смерчи?
- Как в море рождаются волны?
- Чем одолеть грозу?
- Так ли тверда земля?
- Живописец северного неба

○ Эпилог

Александр Анатольевич Леонович
Физика без формул

© ООО «Издательство АСТ», 2017

Предисловие



С давних-давних пор людьми двигала великая сила — любознательность. И не обладай они ею — многое из того, что окружает вас, создано бы не было. Нам, среди прочего, свойственно стремление узнать, испытать, открыть, изобрести. А кое-кому страсть как хочется в полученных знаниях навести порядок.

Так появляется **наука** — не свалка сведений и фактов, домыслов и фантазий, а достоверные и упорядоченные знания. Так развивается **техника** — удивительные механизмы и сооружения. Так рождаются ученые и инженеры — те, кто добывает и применяет эти знания.

В этой книге и пойдет речь о поисках (и блужданиях) научной мысли, пытающейся выяснить побольше… о теплоте, магните, свете, об электрических лучах и еще о многом-многом другом.

Иными словами — о физике и технике, о людях, которые ими занимаются.

Мир тепла

Изучать тепловые процессы заставило человека вечное стремление к теплу. И одежду он шил, и дома строил, чтобы тепло сохранить, удержать. А потом приспособил тепло двигать машины — так до сих пор оно там на нас и работает. Чтобы машины лучше двигались, пришлось разбираться, из чего тепло «состоит».

Выяснилось — из движения. Как же так? Да, еще древние греки об этом думали. Две тысячи лет понадобилось, чтобы до нас это окончательно дошло. А как дошло, так теперь кажется, что по-другому о тепле и думать-то нельзя.

Давайте-ка и мы взглянем на мир тепла с разных, порой неожиданных сторон. Со стороны плавления и замерзания, испарения и конденсации, теплопроводности и излучения. Посмотрим на него с облаков и с ракеты, из паровоза и из холодильника. Но прежде всего заглянем внутрь… **вещества**.

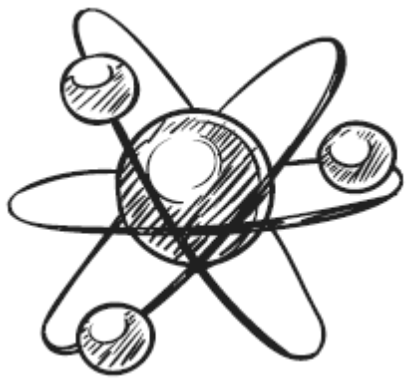
Что внутри вещества?

О каких бы телах мы ни говорили, мы почти всегда считали их сплошными: слиток металла, капля воды, глоток воздуха. Хотя все названное это части чего-то большего, мы не всегда обращаем внимание на то, что они сами из чего-то состоят. Однако с далекой древности возможность деления вещества на части подталкивала к идее, что можно дойти до каких-то очень маленьких его крупинок, делить которые дальше уже некуда.

Демокрит (ок. 460–370 до н. э.) — древнегреческий ученый и философ. Считал, что все безграничное разнообразие веществ в природе состоит из множества мельчайших неделимых частиц — атомов. Они отличаются по форме и величине, но сами по себе вечны и неизменны. Также полагал, что во Вселенной существует бесчисленное множество миров, возникающих и гибнущих.

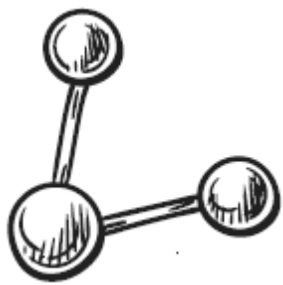
Это гипотеза о дробном строении вещества, одна из самых старых в истории человеческой мысли. Подтвердилась эта гипотеза спустя более чем 2000 лет. У нее все это время было немало как сторонников, так и яростных противников. И только опыт, как часто бывало, поставил все на свои места.

Конечно, убедиться глазами в том, что вещество состоит из каких-то крохотных частиц, невозможно. Сколько бы мы ни дробили, скажем, кирпич, ни разбрызгивали на капельки воду, всегда оказывается, что пылинки и капельки можно делить дальше. Да нечем!



И лишь за последние 100 лет накопилось достаточно доказательств существования таких «зернышек» вещества. Сегодня специальные микроскопы, где вовсе нет стеклышек, помогают нам буквально разглядеть их. И вправду, внутри вещество оказалось устроено очень близко к тому, что о нем думали еще древние греки. Вы, наверное, слышали о названиях этих частиц — **атомы** и **молекулы**.

Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765) — российский ученый-энциклопедист. Основатель Московского университета, автор учебников и поэм, создатель школ. Отстаивал учение о прерывистом строении вещества, опередившее науку того времени на столетие. Сформулировал закон сохранения материи и движения. Занимался исследованиями атмосферного электричества, сконструировал оптические приборы для астрономических наблюдений. Открыл атмосферу на Венере. Строил стекольные заводы, шахты, плавильные печи. Внедрил физические методы в химию.



Узнать об их наличии было важно не только, чтобы удовлетворить наше любопытство. Огромное количество явлений, прежде всего тепловых, удалось объяснить с помощью представления о молекулах. Теория процессов, происходящих в веществе, опирающаяся на такое знание его строения, называется **молекулярно-кинетической** теорией.

Зернышки-атомы и ягодки-молекулы

А почему мельчайшие частички вещества называют то атомами, то молекулами? Может быть, их просто всего два разных сорта, скажем, это черные и белые шарики. Нет, дело обстоит чуть сложнее. Какие-то вещества действительно состоят как бы из собранных вместе мельчайших шариков — («зернышек») одного вида. Это, например, металлы или газ неон, которым заполняют рекламные трубки. В других веществах эти шарики одного или разных сортов группируются, крепко сцепившись, так что получается словно новый, составной шарик («ягодка»). Вот отдельные крохотные шарики называют **атомами**, а их объединения, группы — **молекулами**.

Амедео Авогадро (1776–1856) — итальянский физик и химик. Высказал гипотезу о строении молекул газов из одного или нескольких атомов. Получил один из основных газовых законов, на базе которого в дальнейшем развивалось атомно-молекулярное учение.

Разработал метод определения молекулярного и атомного весов.

Возьмем, к примеру, два газа — **водород** и **кислород**. Возможно, вы видели прочные металлические баллоны для перевозки этих газов в сжатом состоянии. Внутри того, на котором написано «водород», этот газ представляет собой «парочки» сцепившихся самых маленьких атомов в природе — атомов водорода. В баллоне же с надписью «кислород» мы могли бы обнаружить тоже пары-молекулы, состоящие, в свою очередь, из атомов кислорода — шариков, раз в восемь массивнее водородных.

Удивительно, что именно из этих газов может получиться… вода. Соединив водород и кислород в определенной пропорции, в лабораториях образуют воду, каждая частичка-молекула которой состоит уже из трех шариков: двух атомов водорода и одного кислорода.

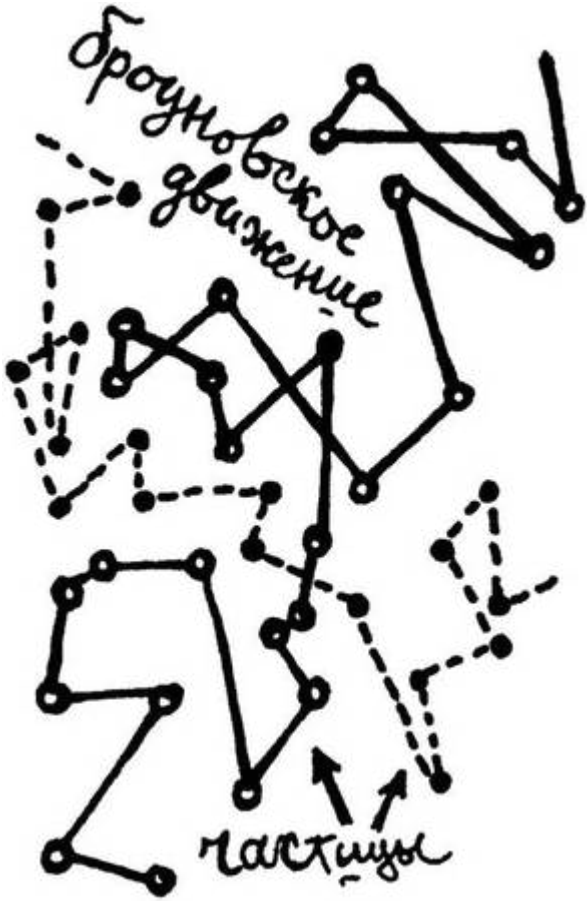
Атомов по своему виду в природе всего около 100 сортов. Но их комбинации-молекулы создают то огромное многообразие веществ, которое окружает нас. Причем не только на Земле, но, наверное, и во всей Вселенной вообще. Ничтожно слабые сигналы, которые атомы и молекулы, оказывается, посылают из космических далей, человек наловчился регистрировать на Земле. Такие сигналы доносят до нас свидетельства того, что Мир, каким бы он ни выглядел разным, построен везде из одних и тех же «зернышек»-атомов.

Молекулы-непоседы

Если вещество устроено из мельчайших частиц, то как они себя ведут? Может быть, они неподвижны друг относительно друга? Или же как-то движутся? Заметить непосредственно то или иное мы не можем. Но вот подсказать нам, что происходит внутри вещества, оказывается, есть чему.

В начале прошлого века английский ботаник **Роберт Броун** был очень удивлен, взглянул в обычный микроскоп на цветочную пыльцу, насыпанную в воду. Частички пыльцы словно плясали в воде. Хотя сами они необычайно малы, их размеры около тысячных долей миллиметра, говорить о них как о самых мельчайших частицах вещества еще нельзя. Но если представить, что «пляска» пыльцы вызывается ударами еще более малых частиц молекул воды, то ее поведение вполне объяснимо.

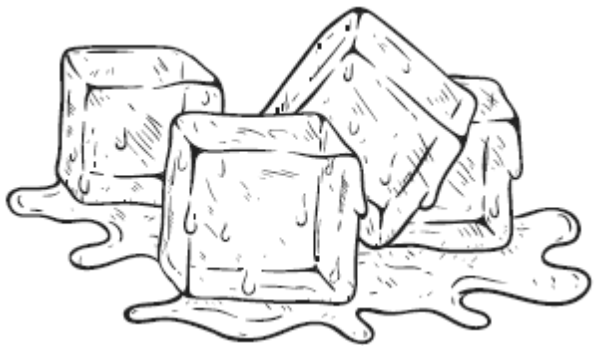
Может быть, вы видели, как во время концертов со сцены бросают в зал большие надувные шары. Зрители стремятся ударить по шару, но никто не может предсказать, куда в каждый момент он направится. В результате мы наблюдаем его беспорядочное, или, как еще говорят, хаотическое движение по всему залу. Понятно, что оно определяется такими же беспорядочными толчками зрителей. Замените теперь их на молекулы, а шар на частичку пыльцы, и вот у вас модель движения молекулы.



Итак, внутри вещества его мельчайшие крупинки-молекулы непрерывно, хотя и беспорядочно, движутся. Это движение будет тем интенсивнее, чем сильнее нагрето вещество, поэтому его называют **тепловым**. Такая связь позволила в дальнейшем объяснить, что такое **температура**.

Три царства состояний вещества

В каких состояниях может быть вещество? Ну, тут достаточно его «пощупать». Это пусть очень простой, но тоже опыт. Каковы же результаты? Мы говорим: все тела могут быть в твердом, жидком и газообразном состояниях. Их еще называют **агрегатными**. Интересно, что одно вещество может бывать в каждом из этих состояний, причем, случается, и одновременно.



Ну, вот вода. Если вы вытащите из морозильника кусочек льда и опустите в стакан с содой, то сразу обнаружите все 3 состояния одного и того же вещества. Лед — это «твердая», замерзшая вода. Плавает он в воде жидкой. А над стаканом вода находится в невидимом, газообразном состоянии, это ее пары. Выявить пары нетрудно: на холодном зеркальце, поднесенном к стакану, вы скоро заметите туманный налет, состоящий из крохотных капелек. Это не что иное, как сгустившиеся, или **сконденсированные** из воздуха водяные пары.

Чем отличаются эти состояния вещества друг от друга? Обратимся за объяснениями к молекулярно-кинетической теории. Она скажет нам, что одни и те же «по сорту» молекулы, например, воды, просто по-разному взаимодействуют между собой.

В твердом теле, во льду, они очень плотно «упакованы», остро «ощущают» присутствие соседей и в своих движениях сильно ограничены. Поэтому и двигаться они могут, практически не сходя с места, то есть колеблются. Вот почему твердое тело хорошо сохраняет свою форму и объем.

В жидкостях молекулы чувствуют себя свободнее. Помимо колебаний, они еще очень часто перескакивают с места на место. Уплотнить их практически нельзя, а вот перемешать легко. Из-за этого жидкости текут и принимают форму сосуда, в который мы их нальем.

А вот в газах связи между молекулами становятся настолько слабыми, что они теперь могут носиться с огромными (сотни метров в секунду) скоростями и на больших расстояниях друг от друга. Поэтому газы и занимают весь предоставленный им объем, хотя могут быть легко сжаты.

Как проникают вещества друг в друга?

Поставьте такой эксперимент. В темную комнату, где вы сидите спиной к двери и заткнув уши, попросите войти по очереди двух человек. Пусть это будут ваши приятели мальчик и девочка. Одно условие: девочка должна быть надушена. Через несколько минут после прихода каждого вы угадаете, кто именно вошел.

Ну, и что же тут особенного, спросите вы? Конечно, девочку «выдали» духи. Но вот вопрос: как они добрались до вашего носа? Пожалуй, зная о молекулярном строении вещества, и тут ответить нетрудно. Молекулы духов, вылетая в воздух, умудряются очень быстро проскочить между его молекулами и распространиться по всей комнате. Разреженность газов и большие скорости молекул обеспечивают это явление, называемое **диффузией**.

А может ли она наблюдаться в жидкостях? Почему бы и нет, ведь в них молекулы, хотя расположены и плотно, но весьма подвижны. Вот, скажем, осьминог, пытаясь удрать от преследователя, выпускает в воду облако чернильной жидкости. Оно очень быстро растет, создавая будто дымовую завесу. А ведь оно как раз пример диффузии, то есть взаимного проникновения жидкостей друг в друга.

Удивительно, но диффузия может происходить и в твердых телах. Хотя намного медленнее, чем в жидкостях и газах. Ее можно, правда, убыстрить, повышая температуру.

Именно диффузия обеспечивает соединение металлов при

пайке или сварке. Однако и при обычной температуре тепловое движение молекул приводит к их перемешиванию. Но длительность этого процесса не позволяла его обнаружить, и такую диффузию впервые наблюдали лишь в конце прошлого века.

Отчего «разбухают» тела?

Наверное, вам чуть ли не с детского сада известно, что при нагревании тела расширяются, а при охлаждении сжимаются. Эту способность тел менять свои размеры в зависимости от температуры люди научились использовать или учитывать давно. Например, железную шину насаживали на колесо телеги, когда она была раскалена. Шина, остывая, туго стягивала колесо. Или посмотрите на колею железной дороги. Между отдельными отрезками рельсов оставляют промежутки для их возможного **теплового расширения**.

Это явление оказалось очень полезным при измерении температуры. Если к концу металлической пластинки приделать стрелку, то она, меняя свое положение при нагреве и охлаждении пластинки, укажет, какова ее температура. Может быть, в духовках ваших кухонных плит есть термометр, сделанный из металлических пружин? Если он вынимается, рассмотрите, как он устроен.

Более удобными для этой цели оказались жидкости. Скажем, в медицинских и комнатных термометрах применяют подкрашенный спирт или **ртуть**. Расширяясь при нагревании, они поднимаются вверх по узким трубочкам, вдоль которых наносят деления температурной шкалы.

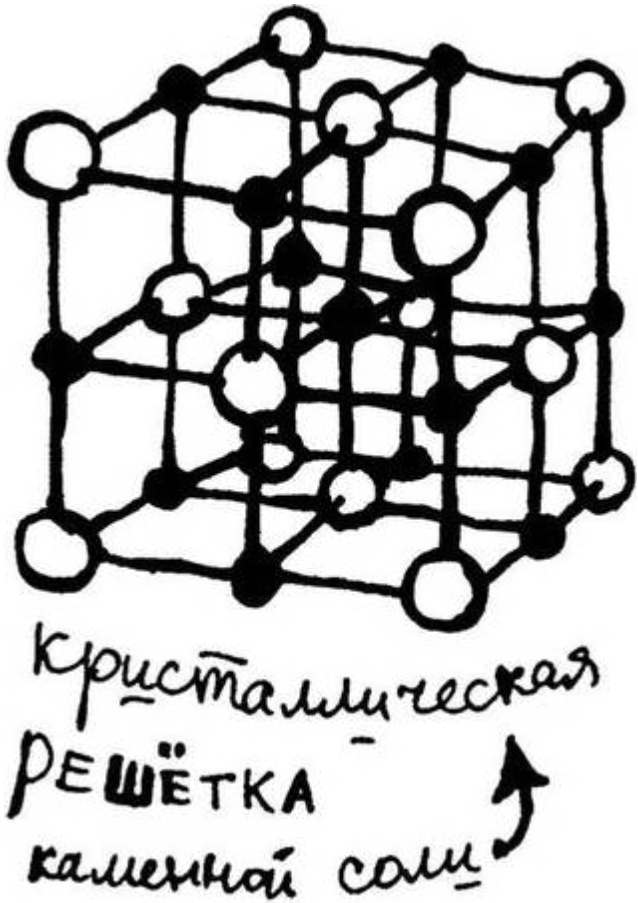
Есть и газовые термометры, использующие тот же эффект. Но во всех случаях расширения тел мы можем обратиться за помощью к молекулярной теории, чтобы разобраться с этим явлением. И здесь мы получим почти очевидный ответ. С ростом температуры молекулы становятся более подвижными, и им требуется больше места. Расстояние между молекулами растет, а мы это замечаем как увеличение общего объема тела.

Представьте себе танцевальный зал. Сколько в нем может уместиться человек? Если запускать их в зал по одному и плотно приставлять друг к другу, то туда набьется людей, как «сельдей в бочке». Но если вы попросите их потанцевать, в такой тесноте вряд ли что-нибудь выйдет. Чем зажигательнее танец, тем меньше народу останется в зале — остальным придется покинуть помещение. Произошло как бы «тепловое расширение» танцующей публики, и часть ее вытеснилась наружу.

Как плавятся металлы и замерзает вода?

Что происходит, когда плавится металл? Первое, о чем мы можем сказать, очень наглядно. Был твердый кусочек, а превратился в жидкость. Но ведь это — одно и то же вещество, скажем, олово. Его, кстати, очень легко «растопить», нагревая в железной ложке или паяльником. Что же все-таки привело к такой внешней перемене в металле?

Если обратиться к идее о «зернистой» структуре вещества, то можно будет ответить так. Плотно пригнанные друг к другу мельчайшие частички — атомы олова — при нагревании все интенсивнее двигались. В какой-то момент (у каждого вещества свой) им уже не хватило места для «суеты» друг около друга. Иначе говорят, что тесные связи между атомами разорвались. Атомы получили возможность не только колебаться на местах, но и кружиться друг относительно друга. А это — уже поведение мельчайших частичек жидкости.



В каком-то смысле это явление походит на взвод солдат, стоящий по стойке «смирно». Каждый из воинов не меняет своего положения относительно соседей, но ведь при этом он дышит, моргает глазами и, если захочет, может пошевелить ушами. Согласитесь, что от таких движений строй не нарушится. Прозвучала команда «вольно». Солдаты стали переминаться с ноги на ногу, поворачиваться, меняться местами. Разве это не напоминает поведение атомов при **плавлении** металла?

Генри Бессемер (1813–1898) — английский изобретатель. Предложил усовершенствовать тяжелый артиллерийский снаряд, для чего потребовался более быстрый и дешевый способ получения литой стали. Создал метод, по которому сталь переделывается из чугуна продувкой воздуха, чем снизил стоимость металла в несколько раз.

Подобный процесс происходит, когда взводу (или олову) прикажут вновь стать по стойке «смирно». Только такой приказ «прозвучит» для атомов тогда, когда расплавленный металл начнут охлаждать. Особенности перестройки атомов при плавлении и **кристаллизации** — возвращении в твердое состояние — необходимо учитывать, скажем, при литье металлов. Как правило, объем твердого вещества меньше, чем его же в жидком состоянии. Это надо знать при подготовке форм для литья.

А вот у воды — наоборот. Превращаясь в лед, она расширяется. Представьте, что было бы, если бы лед не всплывал, а тонул. Все дело в том, что при кристаллизации воды происходит необычная перегруппировка ее молекул. И хотя

строение льда выглядит более упорядоченным, его объем возрастает, он становится более «рыхлым». При этом, если льду препятствовать при расширении, возникают огромные силы. Так разрываются замерзшие трубы водяного отопления или трескается стеклянная бутыль с водой, оставленная на морозе.

Отчего, испаряясь, вода холодит?

Что вы чувствуете, когда даже в жаркий день выходите, искупавшись, из воды? Бывает, особенно в ветреную погоду, что, как говорят, мороз по коже, даже пупырышками покрываемся. Почему же мы мерзнем?

Еще малюсенький опыт. Капните на ладонь воды и подуйте на нее. Ощутили холодок? Ясно, что дело в **испарении** воды. Превращаясь в пар, она отбирает у нас тепло. Похожие вещи творятся в чайнике с кипящей водой. Ведь если бы мы постоянно ее не подогревали, образующийся пар отнял бы у воды теплоту и охладил бы ее.

Эти примеры показывают, что на испарение требуется энергия. Превращаясь в газ, жидкость либо охлаждается, либо поддерживает свою температуру, отбирая энергию-теплоту у окружающих тел.

Обратный процесс — **конденсация** — должен тогда, напротив, приводить к выделению теплоты. Так, скажем, нагревается зеркальце, подставленное под струю пара из носика чайника. Осевшие на зеркальце капельки воды приведут к его нагреву. Похожий процесс мы наблюдаем, когда выпадает первый снег. Как правило, в это время происходит потепление.

А как объясняет эти явления молекулярно-кинетическая теория? Она нарисует картину, в которой испарение предстанет как уход самых быстрых молекул из жидкости в воздух. Оставшиеся же, если не передать энергии извне, будут двигаться все медленнее.

Необходимо помнить, что испарение и кипение — вовсе не одно и то же. Об этом говорит хотя бы то, что испарение, например, воды происходит при любой температуре. Испаряться может даже лед, иначе белье не сохло бы на морозе. А вот кипит вода, как вы знаете, лишь при 100 градусах. Причем у каждой жидкости кипение, то есть бурное выделение пузырьков, начинается при своей определенной температуре. И плавление, кстати, также происходит у каждого вещества в свой срок — лишь когда его температура достигнет определенной величины.

Почему выпадает роса?

Почему в сводках погоды, помимо давления и температуры, нам еще часто сообщают о влажности? Многие люди порой даже переезжают из одного района в другой, жалуясь на очень сырой, либо, наоборот, очень сухой климат. И вы, наверное, замечали, как меняется ваше самочувствие, если воздух сух или влажен.

Влажность — это наличие в воздухе паров воды. Водяной пар, как и воздух, невидим, и на глаз определить, много его там или мало, нельзя. Но вот если вы положите рядом два термометра, один из которых наполовину прикрыт мокрой тряпочкой, то заметите, что через некоторое время показания «мокрого» термометра стали меньше. Недолго думая, вы скажете, что причина этого в испаряющейся воде. Однако понаблюдайте подольше за термометрами и вы обнаружите интересную зависимость.

В те дни, когда воздух насыщен влагой, очень сырой, термометры покажут почти одну и ту же температуру. А вот когда подолгу не льют дожди, и воздух сух, испарение воды идет интенсивнее и «мокрый» термометр покажет значительно меньшую температуру, чем сухой. Значит, дело в том, что влажный воздух, как говорят, более насыщен парами воды. И когда это насыщение достигнет предела, своего для каждой температуры, насыщаться ему дальше будет некуда. Что же тогда произойдет? Вы правы, начнется обратный процесс — **конденсация**.

Вот почему, кстати, у облаков бывают плоские «днища». Теплый воздух, поднимаясь вверх, уносит с собой невидимые пары воды. По мере подъема температура падает, на какой-то высоте пары становятся насыщенными и начинают конденсироваться в капельки. Отсюда и «начинается» облако.

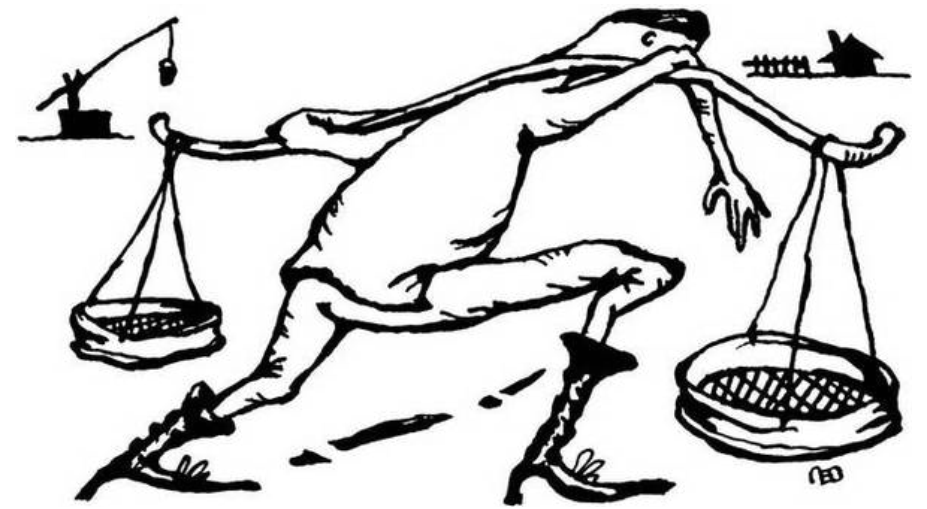
Или еще пример, уже на земле. Когда выпадает роса? Тогда, когда температура воздуха падает, а это происходит в самое холодное время суток — ночью или рано утром. В этот момент пары становятся насыщенными, и на почве, на листьях растений, на перилах лестниц мы обнаружим капельки — росу. Это состояние называют **стопроцентной влажностью**. Понятно, что при потеплении роса испарится, а влажность станет меньше.

Чтобы поддержать в домах или при путешествиях — в автобусах и вагонах — комфортные температуру и влажность, человек изобрел кондиционеры и увлажнители воздуха.

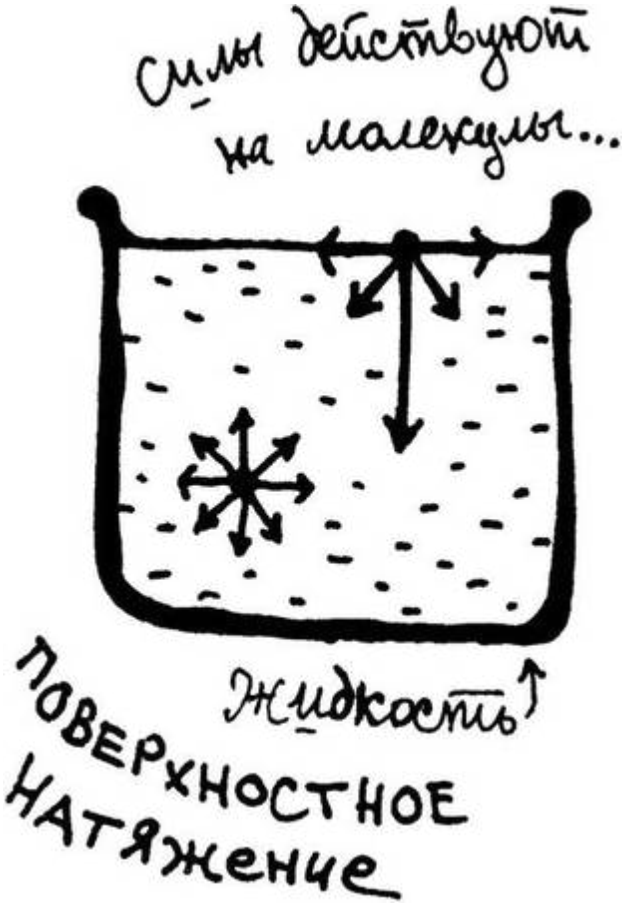
Можно ли воду носить в решете?

Одни из вас, вспомнив известную пословицу, тут же скажут: нет, нельзя! Другие, вспомнив известный опыт, сразу воскликнут: да, можно! Что же это за опыт?

Наверное, у каждого на кухне найдется сито для просеивания муки. Попробуйте им зачерпнуть воды. Ясное дело, ничего не выйдет — на то оно и сито-решето. А вот если на мгновение погрузить его в жидкий парафин от свечи, только так, чтобы парафин не затянул дырочки насовсем, то такое сито носить воду сможет. Наливать ее в сито надо очень аккуратно, и тогда можно перенести заметное ее количество.



Почему же теперь вода не выливается? Если посмотреть снизу на наше сито, то можно заметить, что в каждой дырочке словно набухла капля, вода «выгнулась». Не напоминает ли это вам каплю, висящую на кончике пипетки? В обоих случаях кажется, что вода находится как бы в мешочке, в пленке. Еще такую пленку можно обнаружить, когда вы по капле добавляете воду в уже наполненный доверху стакан. Вода словно взбухает, «выгибается» вверх, но довольно долго через край не переливается.



Еще один опыт. Повращав между пальцами маленькую стальную иголку, осторожно положите ее на поверхность воды — не потонет! Взглянув сбоку, можно заметить прогиб водяной пленки под иглой. Еще водомерки скользят по лужам и не тонут. Еще… Стоп!

Оказалось, что опытов и наблюдений над водяной пленкой — множество. Что же это за свойство воды? Молекулярное строение вещества подскажет нам, что на поверхности не только воды, но и всякой жидкости мельчайшие их частички взаимодействуют по-иному, нежели внутри. Они как бы стремятся уйти в середину, придать поверхности форму с самой маленькой площадью, натянуть на жидкость «пленку». Вот почему в невесомости вода собирается в шарики. Такая форма жидкости соответствует минимальной площади ее поверхности.

Что тянет воду вверх?

Вы не раз замечали, как в тоненьких «соломинках» — пластмассовых трубочках, из которых вы тянете коктейли или соки, — застревает жидкость. И чтобы от нее освободиться, надо «соломинку» встряхнуть или продуть ее. Что же мешает соку или воде самостоятельно вытечь из соломинки?

Если очень внимательно посмотреть на края поверхности воды в неполном стакане, то можно сказать, что они, изогнувшись, будто натянулись на стенки. Однако, если внутренние стенки стакана смазать жиром, то поверхность у краев станет не вогнутой, а выпуклой, словно подожмется.

Отчего так ведет себя вода? Видимо, ее молекулы в одних случаях сильнее тянутся к молекулам вещества стенки, чем друг к другу, а в другом — наоборот, как бы отталкиваются от стенки. Это хорошо заметно, когда пипеткой выдавливают одну каплю воды на чистое стекло, а другую — на загрязненное, масляное. Первая капелька буквально распластается по стеклу, «притянется»; вторая — «подожмется», сохраняя форму, близкую к шарику. Говорят, что чистое стекло смачивается водой, а загрязненное — нет.

Вот и получается, что смачивающая стенки узкой трубочки вода потянется по ним вверх. А, скажем, не смачивающая стеклянную трубочку ртуть опустится в ней вниз при погружении трубочки в сосуд со ртутью.

Такие явления получили название **капиллярных**. По тонким трубочкам-капиллярам поднимаются из земли «соки» в деревьях. По капиллярам просачивается наружу вода из почвы. И даже бумага промокает потому, что в ее мельчайшие поры — капиллярчики — втягивается вода.

Где тепло, а где — температура?

Чем **теплота** отличается от **температуры**? Если мы говорим, что у одного тела более высокая температура, чем у другого, то чаще понимаем это как различные затраты тепла, пошедшие на их нагрев. Поэтому нередко эти понятия путаются или их считают одним и тем же. Но это не так.

Действительно, чтобы раскалить, например, железный гвоздь, нам надо привести его в соприкосновение с более горячим телом. Скажем, поместить в пламя горелки. Но разве пламя передает гвоздю свою температуру?

Оно отдает ему часть своей энергии, иначе говоря, передает теплоту. А вот получая ее, гвоздь нагревается, то есть увеличивает свою температуру.

Это различие было бы особенно заметно, если мы пытались бы накалить гвоздь двумя способами: один раз — паяльной лампой, другой — спичками с той же температурой пламени. Очевидно, что в первом случае гвоздь дошел бы до температуры «белого каления» быстрее, чем во втором. Значит, при одной и той же температуре в пламени лампы и спички ему дольше бы передавалось необходимое для нагрева количество теплоты.

Джеймс Джоуль (1818–1889) — английский физик. Занимался исследованиями теплоты, газов, электромагнетизма. Установил закон о выделении тепла в проводнике с электрическим током. Вычислил скорость движения молекул газа, построил одну из температурных шкал. Вошел в историю науки как один из первооткрывателей закона сохранения энергии, дав ему опытное подтверждение.

Обращаясь к молекулярной теории, можно сказать, что при нагревании увеличивается энергия движения молекул. А при охлаждении она теряется, передается другим телам. Температура же говорит о том, насколько велика энергия не всех вместе, а каждой молекулы.

Поэтому два горячих тела, имея одну и ту же температуру, передавать тепло друг другу не будут. То же самое произойдет и с одинаково нагретыми, но более холодными телами. Про них тогда говорят, что они находятся в **тепловом равновесии**.

Хороший пример, поясняющий сказанное — набор воды в ванну. Вы подливаете то холодной, то горячей воды, добиваясь нужной вам температуры. При этом вы каждый раз передаете воде в ванне порцию тепловой энергии, то большую, то меньшую по величине. А температура воды в ванне при этом может то расти, то убывать. Значит, энергия в виде передачи тепла ванне только растет, а температура воды может «плясать» вверх-вниз. Так что, как видите, теплота и температура — отнюдь не одинаковые понятия.

Сколько всего температур?

Представьте, что термометр, которым вы хотите измерить свою температуру, оказался таким же по размерам, как и вы сами. Быстро ли тогда вы можете получить ответ? Наверное, потребуется не 5 минут, как обычно, а, может быть, часы. Ведь чтобы дать верные показания, термометру необходимо прогреться.

Или еще пример. Попробуйте измерить температуру капельки теплой воды вашим домашним медицинским термометром. Пока он, нагреваясь, достигнет постоянных показаний, капля воды настолько охладится, что мы фактически измерим совсем не то, что нам нужно.

Получается, что измерение температуры имеет смысл лишь тогда, когда тела перестали обмениваться теплом, то есть пришли в тепловое равновесие. Когда вы, например, случайно схватили горячую сковороду, стоящую на плите, то сразу почувствовали разницу в температурах. А вот, опуская руку в теплую воду, имеющую ту же температуру, что и ваше тело, вы ее просто не заметите.

Наверное, теперь ясно, почему термометры такие разные. Маленькие, медицинские — для измерения температуры нашего тела. Или огромные — для измерения температуры воздуха на улицах либо воды в бассейнах.

А в каких единицах меряют температуру? Самая привычная для нас — шкала **Цельсия**, где один градус означает сотую долю от разницы температур между таящим льдом и кипящей водой. Но есть и другие шкалы, и другие градусы. Вы, возможно, слышали о шкале **Фаренгейта**, которой пользуются в США. По этой шкале вода замерзает при 32 градусах, а кипит при 212. Когда-то у нас была популярна шкала **Реомюра**, градус которой «потолще», чем у Цельсия. В науке же сегодня основной является шкала **Кельвина**, или абсолютная шкала температур. Ее градус равен градусу Цельсия, но отсчет по ней начинается значительно ниже температуры замерзающей воды.

Что такое излучение и конвекция?

Передать тепло друг другу окружающие нас предметы могут не только при прямом контакте. Есть и посредники. К примеру, застоявшийся в непроветренной и неотапливаемой комнате воздух расположится как бы слоями. Внизу — самый холодный слой, вверху — самый теплый. И чтобы перенести тепло от потолка к полу, нужно воздух перемешать. А если поставить нагреватель, то воздух начнет **циркулировать**, менять местами, смешивать теплые и холодные слои. Это явление называется **конвекцией**.

А как вы думаете, почему чайники делают белыми или серебристыми? Оказывается, что с цветом тела связана его способность принимать или отдавать тепло. Только теперь роль посредника возьмет на себя так называемое **тепловое излучение**. Летом, вы обратили внимание, предпочитают носить светлую одежду. Она слабее поглощает тепловые лучи. Но вот что интересно — светлые предметы также неохотно их испускают. Поэтому чайник белого цвета будет медленнее остывать, чем темный.

Эти тепловые лучи могут распространяться и в пустоте — так вместе со светом нам передает тепло Солнце. Их вы можете почувствовать даже в отсутствие света. Благодаря такому свойству тепловое излучение «ловят» от невидимых глазом предметов.

Так были обнаружены некоторые несветящиеся на небе звезды, а на земле, построены приборы ночного видения. С их помощью можно различить предметы, температура которых разнится с окружающей средой. Это могут быть нагретые части двигателей машин или люди, прячущиеся в темноте.

Людвиг Больцман (1844–1906) — австрийский физик-теоретик. Его работы посвящены математике, механике, оптике, электромагнетизму. Активный сторонник атомистических взглядов, внес огромный вклад в теорию газов и термодинамику. Открыл закон теплового излучения, экспериментально установленный позже. Идеи этого закона затем использовались при создании квантовой теории. Вывел существование давления света. Противостоял гипотезе тепловой смерти Вселенной.

Есть и специальные ракеты, способные наводиться на источники тепла. Такие ракеты повторяют все маневры преследуемой цели, например, самолета, вертолета или другой ракеты. Их, правда, можно обмануть, отбросив в сторону ложную цель, снабженную тепловым источником.

Как удержать или «сбросить» тепло?

Как быстро тела могут обмениваться теплом? Если в прохладную погоду вы легко одетыми выйдете утром на балкон, то вскоре почувствуете, что озябли. Очевидно, что теперь, собираясь в школу, вы наденете что-нибудь потеплее. Что вы сделали? Не что иное, как предохранили себя от излишней потери тепла. И чем холоднее вокруг, тем более теплую одежду вам придется носить. Но ведь одежда на самом деле не бывает «теплой» или «холодной». Это — лишь наши ощущения, говорящие о том, насколько она препятствует уходу или притоку к нам тепла. Иными словами, хуже или лучше **проводит тепло**.

Очень плохой проводник тепла — воздух. Поэтому так популярны зимой мех и шерсть. Между их ворсинками и волосками воздух задерживается, и мы словно носим на себе воздушную шубу, мешающую нам терять тепло. Посмотрите на это с другой стороны. Если в мех завернуть кусочек льда, то он в теплой комнате растает медленнее, чем на открытом воздухе. Мех «сохраняет» холод, как раньше хранил тепло. Но теперь ясно, что он просто плохо передает тепло в обоих направлениях.

Все тела различаются по своей теплопроводности. Хорошо передают тепло металлы. Из-за этого серебряная ложка, опущенная в горячий чай, обжигает вас, в отличие от пластмассовой или деревянной. Довольно хороший теплоизолятор — обычная вода. Например, аквалангисты надевают перед погружением увлажненный изнутри костюм. Слой воды между ним и телом не дает организму человека слишком сильно охладиться.

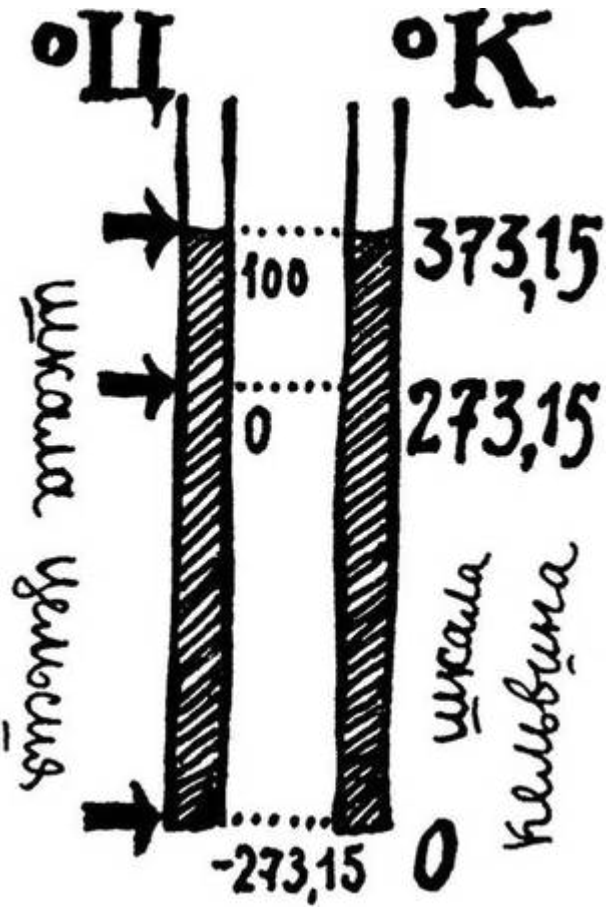
Вопросы **теплоизоляции** очень важны в технике и быту. Многим машинам нельзя перегреваться, и от них надо быстро отводить излишки тепла. Этого добиваются с помощью водяных или воздушных радиаторов. Наши дома зимой, напротив, необходимо утеплить, то есть применять такие материалы, как пустотелый кирпич, дерево, пористый бетон.

Очень интересный пример — космонавт в открытом космосе или на поверхности Луны. Снаружи — ледяной холод. От него человека защищает внешний костюм. С другой стороны, если совсем не отводить тепло, организм внутри скафандра перегреется. Избыточное тепло удаляет внутренний костюм с водяным охлаждением.

Каковы температурные рекорды?

До каких пор можно понизить температуру? Известны рекорды, «поставленные» природой на Земле. В Якутии на так называемом полюсе холода или в Антарктиде температура падала почти до 90 градусов ниже нуля по шкале Цельсия. Но абсолютный ли это рекорд? Какова, например, температура на Луне?

Поскольку наука связала понятие температуры с движением мельчайших частиц вещества — молекул, то надо бы сказать так. Есть вещество, есть внутри него движение — есть и температура. А нет вещества, нечему двигаться или молекулы «застыли» на месте — значит температуры нет. А что такое, если чего-то нет, оно отсутствует? Пусто, нуль, причем — **абсолютный**.



Идея связать отсчет температуры с будто бы подсказанным

природой самым нижним ее уровнем принадлежит английскому физику Уильяму Томсону (лорду Кельвину). Так появилась названная абсолютной шкала температур. Нуль этой шкалы равен 273 градусам ниже нуля по шкале Цельсия. При такой температуре движение молекул прекращается, «замирает». Вот каков абсолютный рекорд «холодных» температур!

Уильям Томсон (лорд Кельвин) (1824–1907) — английский физик. Работал во многих областях науки, но более всего известен введением абсолютной температуры и шкалы температур (шкала Кельвина). Установил изменение температуры газа при истечении, что использовалось при получении низких температур. Изучал магнитные свойства кристаллов, сконструировал измерительные приборы высокой чувствительности и универсальный компас. Рассчитал параметры колебательного контура. Его исследования и изобретения содействовали развитию телеграфной связи.

А каков рекорд температур «горячих»? Теперь мы должны сказать, что искать его надо там, где быстрее всего движутся

частички вещества. И наш взгляд обратится… к звездам. Действительно, в некоторых из них вещество сжато и разогрето до такой степени, что в самом «нутре» температура достигает десятков миллионов градусов.

Так какова же температура на Луне? Ясно теперь, что можно говорить лишь о веществе на ее поверхности. На солнечной стороне его температура может достигать плюс 125 градусов по Цельсию, а лунной ночью — понижается до минус 160 градусов.

Что дольше всего хранит тепло?

Возможно, вам приходилось слышать о том, что в приморье климат намного мягче, чем в центре континента. А если вы живете в районах, близких к большим водоемам, то могли бы и сами это почувствовать. В чем причина?

Огромные массы воды поглощают тепло и нагреваются заметно медленнее, чем твердые вещества, входящие в состав суши. Но так же долго вода будет и расходовать, отдавать свое тепло, не позволяя прибрежным регионам слишком быстро вступать в зиму.

То есть вода служит как бы тепловым тормозом, сглаживая резкие перепады температур. Эта особенность воды, как видно, сильнейшим образом влияет на климат всей Земли.

Была введена специальная физическая величина, отражающая свойство тел накапливать и хранить тепло. Ее название говорит само за себя — **теплоемкость**.

Очевидно, что такие вещества, как металлы, остывают и нагреваются быстрее, чем, скажем, стекло или резина. Теплоемкость, конечно, связана с внутренним строением различных тел. Так, у легких металлов она, как правило, велика, а у тяжелых сравнительно мала.

А вот у газов способность поглощать тепло вообще, оказывается, зависит от того, каковы условия нагревания. Если, например, один и тот же газ нагревать сперва в закрытом сосуде, а в другом случае дать ему расширяться, то для повышения его температуры на один градус потребуется разное количество теплоты. Иными словами — его теплоемкость будет различна.

Знание этой характеристики вещества, безусловно, очень важно при проектировании и постройке самых разнообразных тепловых машин, жилых зданий и предприятий.

Аккумуляторы тепла

Может ли сохраняться тепло в холодных телах? Вопрос только на первый взгляд покажется странным. Поразмышляв, вы догадаетесь: речь пойдет о том, что называют **топливом**. Ведь спички можно зажечь и на морозе. Бензин, керосин, нефть, уголь и газ горят при самых разных температурах. Каким же образом «хранят» они внутри себя тепло, высвобождающееся при горении?

Мы с полным правом можем назвать эти накопления **внутренней энергией тела**. Когда-то, в незапамятные времена, поглощенная Землей солнечная энергия «впиталась» растущими на ней растениями. Погребенные в дальнейшем под толстыми слоями поздних пород, эти растения трансформировались в жидкое или твердое топливо. Теперь человеку приходится в буквальном смысле лезть под землю, чтобы его оттуда вычерпать или выковырять. По всей планете разбросаны нефтяные вышки, пробурены скважины на суше и на море. Земная твердь испещрена многокилометровыми ходами угольных шахт. Давным-давно, и чем дальше, тем больше, человек добывает горючее для обогрева жилищ и работы машин.

Виды топлива различаются по выделяемой при сгорании накопленной энергии. Скажем, при сгорании килограмма керосина выделяется почти в 5 раз больше тепла, чем у дерева. Вот человек и придумывал различные устройства, чтобы перейти к использованию наиболее теплотворных веществ. К примеру, одни из самых удачных конструкций реактивных двигателей были созданы благодаря применению жидкого топлива.

Несмотря на долгую историю употребления полезных ископаемых в качестве горючего, люди пришли к выводу, что лучше их не сжигать, а перерабатывать в нужные нам вещества. Но тогда надо искать иные источники энергии. И это сейчас — одна из главных наших проблем.

Как заставили работать пар?

Вы поставили на плиту чайник с водой. Прошло 10–15 минут, и чайник закипел. Если какое-то время не выключать плиту, то вода в чайнике окончательно «рассердится» и будет со свистом выталкивать из его носика струю горячего пара. Энергия, с которой вылетает пар, давно навела людей на мысль о создании машины, приводимой им в движение. Это действительно древняя идея, ее использованию около двух тысяч лет. Однако сделать пар реальной движущей силой, вращающей колеса различных машин и станков, удалось лишь в начале XVIII века. Паровая машина, усовершенствованная шотландским изобретателем Джеймсом Уаттом, полностью преобразила промышленность. Уже в 1782 году одна такая машина была способна приводить в движение до 40 ткацких станков.

Джеймс Уатт (1736–1819) — шотландский изобретатель. Исследовал свойства водяного пара. Внеся многие усовершенствования в устройства своих предшественников, создал универсальный паровой двигатель с непрерывным вращением. Сконструировал ряд приборов — ртутный манометр, водомерное стекло, индикатор давления, изобрел копировальные чернила. Ввел первую единицу мощности — лошадиную силу. Современная единица мощности носит его имя — ватт.

В дальнейшем, поставив паровую машину на колеса, человек построил паровоз. Когда паровая машина оказалась на корабле, родился первый пароход. Затем пар стали использовать не только для того, чтобы толкать им поршень в цилиндрах. И передавать это возвратное движение с помощью хитроумных устройств к колесам. Оказалось, что эффективнее направлять горячий пар непосредственно на колеса с лопастями, чем-то напоминающими пропеллеры. Такие агрегаты используют для получения энергии на теплоэлектростанциях.

Джордж Стефенсон (1781–1848) — английский изобретатель. Положил начало паровому железнодорожному транспорту. Создал первые практически пригодные модели паровозов, в том числе знаменитую «Ракету» с усовершенствованным паровым котлом. Построил несколько железных дорог, изменив рельсовый путь при переходе на локомотивную тягу, а также первую дорогу общественного пользования.

Хотя нагревание воды, превращаемой в пар, во всех случаях требует затрат какого-то топлива, ведь при нескольких переходах энергии из одного вида в другой неминуемы потери, паровые турбины до сих пор играют важную роль в энергетике. Но в общем-то низкая эффективность использования пара давно уже заставляет людей искать иные способы превращения тепловой энергии в механическую.

От водяного пара — к газу

Можно ли использовать для работы тепловых машин какой-нибудь другой газ помимо водяного пара? А почему вообще в этом случае мы ведем разговор лишь о газах? Все дело в том, что твердые тела и жидкости, не обладая такой способностью расширяться и сжиматься, как газы, не годились бы для применения в подобных машинах. Поэтому так называемым рабочим телом лучше всего в таких машинах и двигателях было сделать сами газы, образующиеся при сгорании топлива.

Особое внимание в связи с этим обращалось на изучение тепловых свойств различных газов и их смесей. **Термодинамика** — наука о процессах, происходящих в тепловых машинах, — прежде всего занималась вопросами, связанными с возможностью перехода теплоты в работу. А это и совершалось в тепловых машинах, где ключевую роль играли газы.

Законы, управляющие поведением газов, были достаточно твердо установлены ко времени их массовой «эксплуатации» в тепловых машинах. Но стремление сделать эти машины более мощными, надежными, эффективными словно подталкивало науку к более глубокому изучению их свойств. Выяснилось, что для полного описания газовых процессов нужно как следует разобраться с такими величинами, как их давление, объем и температура. Различные их сочетания словно рисовали картину, которая очень точно могла показать, что будет происходить внутри машины. Тем самым исследователям и практикам словно вручили заветные ключи от почти неисчерпаемых кладовых тепловой энергии. Триумфальное шествие от паровых котлов до реактивных двигателей прошло фактически за последние три сотни лет.

Как превратить тепло в работу?

Чем же помогла наука строителям тепловых машин?

В 1824 году французский физик и инженер **Николя Карно** опубликовал сочинение, в котором выяснил, какова может быть максимальная эффективность тепловой машины. Молодой, а ему тогда было лишь 28 лет, ученый, показал, что полезную работу можно получить только тогда, когда тепло переходит от нагретого тела к более холодному. Именно на этом пути можно «отнять» часть тепловой энергии и преобразовать ее в механическую — в движение поршня или вращение колеса. Чем больше разность температур между нагретым и холодным телом, тем большую часть тепловой энергии можно перевести в работу.

Николя Карно (1796–1832) — французский физик и инженер. Один из создателей термодинамики, установивший второй ее закон. Считал невозможной постройку «вечного двигателя», указал на пределы перехода тепла в механическую работу. Сформулировал

принцип работы газовых тепловых машин. Его чисто математические рассуждения имели огромное практическое и экономическое значение. Работы Карно привели к улучшению паровых машин и тепловых двигателей.

Стало понятно, что надо как можно выше делать температуру сгорания топлива и как можно ниже — окружающей среды, играющей роль холодильника.

Это был решительный шаг на пути повышения коэффициента полезного действия тепловых машин. Причем совершенно не было важно, какова конструкция машины и что применяют в качестве ее рабочего тела.

С другой стороны, эти размышления Карно приводили к неутешительному выводу. Как бы хорошо ни сконструировали изобретатели и инженеры тепловую машину, как бы ее ни чистили и ни смазывали, никогда в ней не удастся все отобранное у нагретого тела тепло превратить в работу.

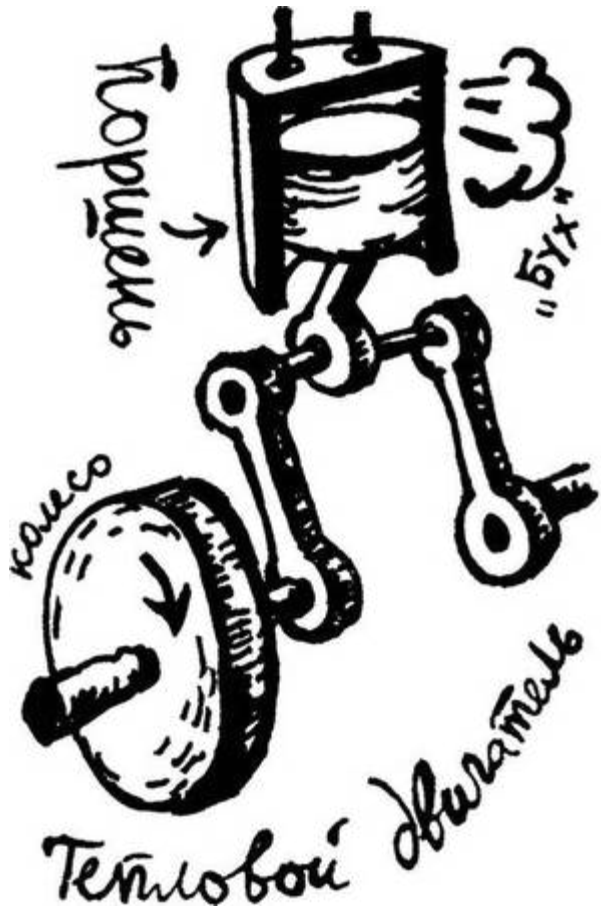
А как бы этого хотелось! Ведь механическая работа может полностью перейти в тепловую, внутреннюю энергию окружающих тел!

Вспомните, как вы трете, согреваясь, ладони и уши, как древний человек трением добывал огонь, как нагревает себя и асфальт тормозящий автомобиль, теряя движение. Почему же невозможен обратный полный переход?

Увы, и здесь природа опустила шлагбаум запрета, который ни объехать, ни обойти. Правда, и в разрешенных ею пределах человек умудрился наизобретать еще много диковинного.

Паровоз — хорошо, а тепловоз — лучше

Чем пароход отличается от теплохода, а паровоз — от тепловоза? В одних, ясно уже по названию, используют пар, а в других — газы, получающиеся при сгорании топлива. И то, и другое — тепловые машины, однако второй их тип оказался намного выгоднее.



Действительно, чтобы работал паровой двигатель, нужно везти на себе прочный котел с водой для создания пара. И еще вместе с ним топку, где должно сгорать топливо для подогрева воды.

Тяжелая, громоздкая и малоэффективная конструкция! Теплоходы же и тепловозы имеют двигатели, внутри которых сразу происходит сгорание топлива, а выделившиеся при этом горячие газы толкают поршни, передающие движение рычагам,

колесам, гребным винтам.

Рудольф Дизель (1858–1913) — немецкий инженер и изобретатель. Создал поршневой двигатель внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия, названный его именем. Экономичность и надежность обеспечили двигателю применение на автомобилях и теплоходах, тепловозах и тракторах, подводных лодках и электростанциях.

Попытки создать устройство, движущееся по суше без рельсов, имеют давнюю историю. Более 200 лет назад во Франции был построен трехколесный экипаж с паровым двигателем и котлом огромных размеров. Понятно, что толку от такой машины было мало — ее легко обгонял пешеход. Наконец, в восьмидесятых годах прошлого века были сделаны два изобретения, приведшие к созданию того, что можно назвать автомобилем. Это — **двигатель внутреннего сгорания** и **пневматическая шина**. Оснащенные новыми устройствами, автомобили стали завоевывать страну за страной. Более 100 лет совершенствования привели к тому, что теперь их в мире десятки

миллионов. Двигатели, непосредственно внутри которых сгорает топливо, на сегодня вытеснили везде паровые и стали основными среди тепловых машин.

Как холодильник «холодит»?

Хорошо, пусть холодные тела только и «мечтают», чтобы нагреться, а горячие — охладиться. Но как же тогда работает холодильник? И правда, отключив его от сети и открыв дверцу, мы сперва почувствуем недолгую прохладу, но в скором времени весь лед растает, а продукты из охлажденных или замороженных превратятся в обыкновенные — с комнатной температурой. Что же позволяет этим процессам идти не естественным порядком, а наоборот?

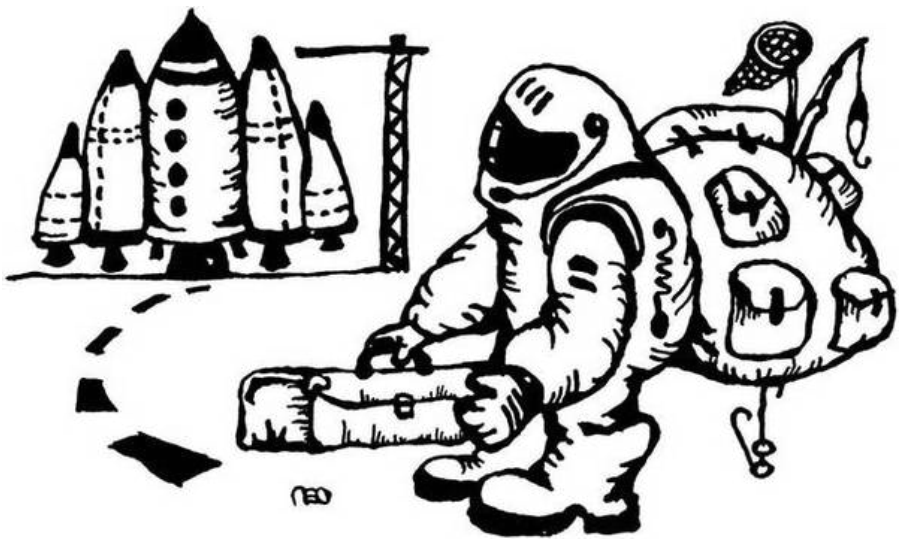
Вспомним об испарении, скажем, спирта, когда ваткой, смоченной им, вам протирают кожу перед уколом. Что мы ощущаем? Правильно, холодок. Так вот, в холодильнике испаряющаяся жидкость отнимает тепло от всего, что внутри него находится. Но чтобы охлаждение шло постоянно, ее надо заставить это делать многократно.

Вот почему мы слышим, как урчит двигатель холодильника, приводя в движение поршни, отсасывающие пары этой жидкости. Затем их прогоняют через конденсатор, укрепленный на задней стенке холодильника. Пощупав его во время работы двигателя, вы ощутите… тепло. Откуда оно взялось? А это конденсируются пары жидкости и, как и положено им в этом случае, выделяют наружу тепло. Сгустившись из паров, жидкость вновь поступает внутрь холодильника, чтобы, снова испарившись, отнять там порцию тепла.

Получается, что холодильник — это **тепловой двигатель** наоборот. К тепловой энергии, отобранной у продуктов, мотор добавляет энергию, полученную из электросети. И все это вместе «выбрасывает» в комнату. Выходит, включенный холодильник служит нам еще и дополнительным нагревателем воздуха в квартире.

Что берет в полет ракета?

То, что **реактивный двигатель** космической ракеты работает на принципе отдачи, вам хорошо известно. В одну сторону вылетают, оттолкнувшись от ракеты, раскаленные газы. В другую, оттолкнувшись от газов, летит ракета. А что же происходит внутри такого двигателя?



Это — тоже тепловая машина. В ней, правда, нет ни поршней, ни рычагов, ни колес. Тем не менее, ее устройство отнюдь не так просто. В отличие от двигателей внутреннего сгорания и паровых машин, где топливо горит в воздухе, здесь в камеру сгорания подаются одновременно горючее, скажем, керосин, и окислитель. Ведь в безвоздушном пространстве «зачерпнуть» воздух неоткуда. И его роль в полете должен взять на себя кто-то другой, к примеру, жидкий кислород. Вот его и приходится возить с собой в ракете вместе с горючим.

Сергей Павлович Королев (1907–1966) — российский ученый и конструктор. Основоположник практической космонавтики. Под его руководством были созданы первый искусственный спутник Земли и космические корабли, на которых человек впервые облетел Землю и вышел в открытый космос. Занимался конструированием и постройкой межпланетных станций.

Температура горения достигает в камере нескольких тысяч градусов. Давление так велико, что газы с огромной скоростью вырываются из камеры в расширяющееся отверстие на конце ракеты, называемое **соплом**.

Мы рассказали о жидкостном ракетном двигателе. Есть еще и твердотопливные, их вы могли бы увидеть при старте космического корабля «Шаттл». Они пристыкованы к корпусу основной ракеты и позволяют увеличивать тягу на первом отрезке взлета. Но во всех случаях, чтобы работали такие двигатели, потребовалось создать особые жаропрочные материалы. Они должны выдерживать, не плавясь, те гигантские температуры, которые возникают внутри таких двигателей.

Вновь, как это бывает чаще и чаще, создание одной машины

заставило сотрудничать самые разные отрасли науки и техники.

Мир электричества

Сколько миллионов раз должна была сверкнуть молния, чтобы человек наконец-то задумался, а что же это такое?

Между натертыми кусочками янтаря, притягивающими предметы, и молнией, казалось бы, ничего общего. А ведь все это — **электрические явления**. И слово-то «электричество» от «янтаря» пошло. Но чтобы уловить родственность столь непохожих явлений, потребовались опять-таки тысячелетия.

Что ж, человек такой тугодум? Да нет, слишком «тонкой материей» оказалось электричество. Но уж когда выяснилось, что в нем к чему, люди так крепко «запрягли» его, так приспособили, что всего за двести лет изменили с его помощью облик всей своей жизни.

Электротехника, электроника, электроэнергия, электровоз, электросварка, электростанция, электромузыкальные инструменты… Ну, ни шагу без электричества.

А не надо никуда шагать. Оно здесь, прямо на вас. Стоит стянуть с себя свитер, как…

Отчего водолазки «трещат»?

Зима. Теплая, сухая квартира. Вечер. Мы готовимся ко сну. Стягиваем через голову водолазку или свитер, и вдруг в тишине раздается треск. Откуда взялись эти звуки? Если снимать шерстяную или синтетическую одежду в темноте, то можно заметить, как этот треск сопровождается искорками. Трещит и искрится наша одежда, и лишь тогда, когда мы, снимая ее, заставляем тереться, скользить по телу.

Чуть-чуть внимания, и обнаружится, что стянутая кофта притягивается к оставшейся на нас рубашке. Что же их тянет друг к другу? Соприкоснувшись, они словно избавляются от этой силы и обвисают. А бывает, что надолго прилипают друг к другу. Почему?

Еще один опыт, который вы проделываете, порой неохотно, каждый день — причесывание. Как иногда приходится мучиться с нашими волосами, которые буквально тянутся за расческой, липнут к ней. Опять немножко наблюдательности, и выяснится, что это происходит с пластмассовыми или деревянными гребешками, а с металлическими, как правило, — нет.

Уильям Гильберт (1544–1603) — английский физик и врач. Основоположник науки об электричестве. Верный экспериментальному методу, провел множество опытов по обнаружению электрических свойств различных тел. Обогатил эту область рядом открытый и приборов. Исследовал магнитные явления, установил, что Земля — большой магнит. Был первым сторонником идей гелиоцентрической системы Коперника в Англии.

Подведем небольшой итог. Во время соприкосновения, а трение лишь увеличивает его площадь между телами, что-то происходит. Это «что-то» стали называть **передачей электрического заряда**. Его появление на различных телах приводит не только к их притяжению, но, бывает, и к отталкиванию. Поэтому заряды решили снабдить памятками-знаками. И теперь говорят, что притягиваются друг к другу тела с зарядами разных знаков, или **разноименными зарядами**: «плюс» к «минусу» — и «минус» к «плюсу». А отталкиваются **одноименные**: «плюс» от «плюса» — «минус» от «минуса».

«Прицепить», конечно же, мысленно, тот или иной знак заряда к тому или иному телу люди договорились давно. Сейчас, покупая электрическую батарейку, вы сразу же найдете на ней эти обозначения. Это поможет вам правильно вставить ее в какой-либо прибор, где тоже имеются такие отметки. А теперь попробуйте еще раз побаловаться с зарядами разных знаков. Потрите пластмассовую расческу о сухие волосы и поднесите к разбросанным по столу мелким бумажным ленточкам или обрывкам. Ну, что произойдет?

Почему бьет молния?

Способность различных тел заряжаться люди обнаружили давно. Но долгое время эти новые электрические силы человек не знал как использовать. Научившись создавать с помощью трения внутри электрических машин довольно заметные заряды, даже исследователи применяли их для развлечения. В XVII–XVIII веках были очень популярны электрические фокусы, особенно такой, когда у заряженного человека волосы буквально вставали дыбом.

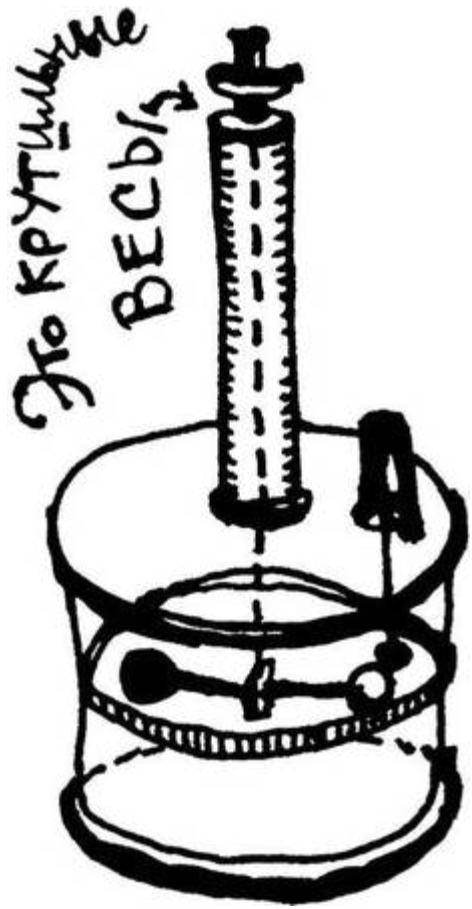
Это явление объясняется просто. Растекшийся по поверхности человека заряд одного знака стремится раздвинуть, оттолкнуть все, на что он попал. Поэтому и волосы поднимались, расходясь друг от друга в разные стороны. Когда же поблизости оказывались разноименные заряды, то, стремясь притянуться, соединиться, они порой вызывали электрическую искру. Иначе это еще называют **электрическим пробоем воздуха**.

Не нужно думать, правда, что электричество служило только для потехи праздной публики. Сходство между искусственно полученными электрическими искрами и наблюдаемой при грозах молнией наводило на мысль об одинаковой их природе. Действительно, во время движения воздушных потоков из-за трения происходит разделение электрических зарядов и накопление их в облаках и на поверхности Земли. Достигая большой величины, эти заряды способны пробить воздух, что и приводит к гигантской искре — молнии. XVIII век был славен тем, что проводилось уже довольно много экспериментов, связанных с поиском защиты от молнии. Опыты с атмосферным электричеством были весьма рискованны и кое-кому даже стоили жизни.

Постепенно накапливались наблюдения и факты, которые позволили ученым объяснить электрические явления. И от увеселений перейти к тому, чтобы поставить их на службу человеку.

Каким законам подчиняются заряды?

Как описать и рассчитать взаимодействие зарядов? Эту задачу поставил перед собой знаменитый французский ученый **Шарль Кулон**. Изобретя специальные, так называемые крутильные весы, он стал исследовать притяжение и отталкивание маленьких заряженных шариков.



Закон, который он открыл немногим более 200 лет назад, оказался очень похожим на установленный Ньютоном закон всемирного тяготения. Как и в том законе, у Кулона взаимодействие шариков ослабевало с увеличением расстояния между ними. А роль притягивающихся масс стали играть заряды шариков, и чем больше они становились, тем заметнее росла электрическая сила. Отличались, правда, эти законы тем, что массы могли только притягиваться, а заряды, как известно, еще и

отталкиваются.

Шарль Кулон (1736–1806) — французский физик и военный инженер. Сформулировал законы трения. Построил крутильные весы — чувствительный прибор, с помощью которого установил основной закон электричества (закон Кулона). Занимался исследованием упругих свойств тел и магнитных явлений.

Интересно, как Кулон делил заряды. Он приводил в соприкосновение два одинаковых по размерам шарика из бузины, один из которых был заряжен, а другой — нет. Кулон полагал, что в этом случае заряд «растекается» поровну. Но тогда возникает вопрос: что, если друг друга коснутся два шарика с равными по величине, но разноименными зарядами? Опыт показывает, что электричество… как бы исчезало. Похожий случай мы наблюдаем, когда стянутый с себя зарядившийся свитер вновь приложим к телу. После этого заряд словно пропадает.

Вот эта особенность электрических зарядов компенсировать друг друга лежит в основе еще одного закона — **сохранения**.

Если, скажем, одно тело поначалу было вовсе не заряжено, то потерев его части друг о друга, мы получили в одном месте ровно столько положительного заряда, сколько в другом — отрицательного. Соединившись, эти «плюсы» и «минусы» вновь дадут ноль, отсутствие заряда вообще. Таким образом, сколько было заряда, столько же и осталось. Этот закон не менее важен, чем и другие великие законы сохранения.

Что такое электрический конденсатор?

Что вы предпримите, если захотите, чтобы ваша одежда «не стреляла»? Либо добавите при ее стирке в воду так называемый антистатик, либо побрызгаете им на одежду из специальных баллончиков, имеющихся в продаже. Получается, что в одних состояниях какие-то тела хорошо «держат» заряд, а в других — легко с ним «расстаются». Вот на эту возможность накапливать, сохранять какое-то время заряд обращали внимание, когда электричеством нужно было воспользоваться не сразу после его получения.

В 1745 году голландский физик Питер ван Мушенбрук изобрел первый конденсатор. В историю этот прибор вошел под названием **лейденской банки**. В дальнейшем **конденсаторы** — накопители электрических зарядов — сильно изменили свою «внешность». Но главной их задачей по-прежнему было удержание рядом больших зарядов разных знаков. Особенно широко они стали применяться с развитием радиотехники.

Почему опасно залезать внутрь приемника или телевизора даже в том случае, когда они отключены от сети? Случайно коснувшись контактов от двух разноименно заряженных обкладок какого-либо конденсатора, вы можете получить ощутимый электрический удар. Заряды, стремясь соединиться, пробегут через вас. Так что поручите все же ремонт специалисту.

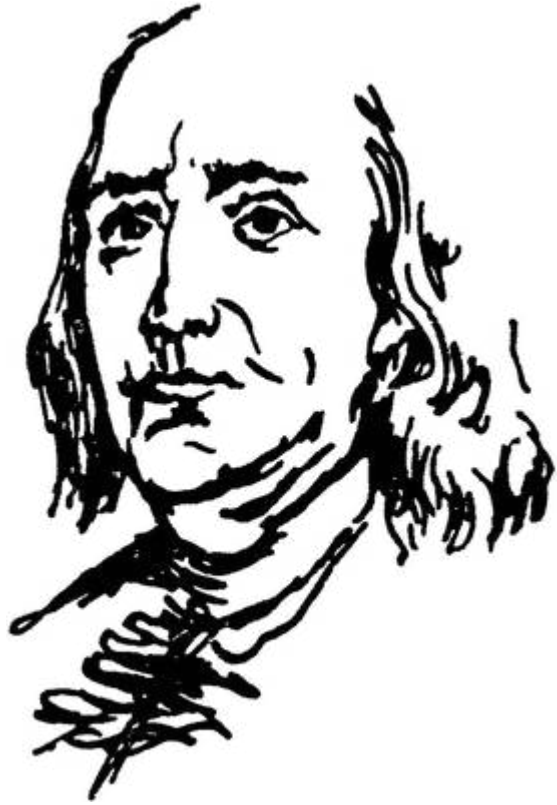
В принципе можно использовать большие конденсаторы для хранения электрической энергии. Но, к сожалению, надолго их не хватает. Если воздух хоть немного влажен, то он способствует пусть и медленной, однако постоянной утечке заряда. Конденсатор в таком случае необходимо время от времени подзаряжать.

Как выглядит заряд?

Способность электрических зарядов перемещаться внутри одного тела, перетекать или перескакивать на другое казалась очень любопытной. Может быть, это какая-нибудь жидкость? Она невидима и невесома, но заряжена. По мнению **Бенджамина Франклина**, американского физика, занимавшегося исследованиями электрических явлений, все вещества в природе содержат «электрическую жидкость». Переливаясь из одного тела в другое, она как бы добавляет или убавляет их заряды.

Конечно, такие догадки, хотя поначалу и много могли объяснить, не выдержали проверки временем. Идеи о «зернистом» строении вещества коснулись и электричества. К мысли о дробности заряда вела его возможность делиться между телами. А когда в 1897 году была обнаружена мельчайшая отрицательно заряженная частичка, стало ясно, что все заряды — составные.

Заряд электрона, а так назвали новую частичку, оказался самым маленьким в природе. Он так крохотен, что нужны тысячи миллиардов электронов, чтобы получить заряды шариков, заметно влияющих друг на друга, как в опыте Кулона.



Бенджамин Франклин (1706–1790) — американский физик и политический деятель. Основные научные исследования проводил в области электричества. Объяснил действие «лейденской банки», построил первый плоский конденсатор, изобрел молниеотвод, доказал электрическую природу молнии. Применил электрическую искру для взрыва пороха. Разработал теорию электрических явлений, в которой содержался закон сохранения заряда.

Электроны так легки, что очень свободно, огромными «партиями» или «стаями», могут двигаться, перенося с собой заряд. Вот это и создает впечатление текущей «электронной жидкости». Теперь же, говоря о заряде, имеют в виду избыток (отрицательность) или недостаток (положительность) электронов в теле.

Где легче «бегать» заряду?

Если заряд — это множество микроскопически заряженных частичек, то как они движутся? Ведь на пластмассовой расческе, мы это видели, заряд способен, хоть недолго, удерживаться. А на металлических, какими часто пользуются парикмахеры, заряду «не сидится», поэтому волосы к ним не притягиваются. На сухих блузках заряды какое-то время сохраняются, с треском и искрами выдавая затем свое присутствие, а со смоченных антистатиком куда-то сразу «удирают».

Электрическая искра, проскакивающая между обкладками конденсатора, — также свидетельство того, что до поры «сидевшие» в покое заряженные частички вдруг ринулись навстречу друг другу.

Что же позволяет зарядикам на одних телах покоиться, а по другим бежать?

Давно было замечено, что все тела в природе можно разбить на два «лагеря»: хорошо и плохо пропускающие через себя электрические заряды. Первые назвали **проводниками**, а вторые — **изоляторами**, или, как еще говорят в науке, **диэлектриками**.

Наверное, нет нужды перечислять прекрасно вам известные проводники. Вы сами сразу назовете металлы, из которых делают провода и спаивают контакты. А чуть подумав, добавите к ним и жидкости, которые вы замечали в батарейках или аккумуляторах.

Изоляторы тоже легко указать — это дерево, стекло, пластмассы, фарфор.

А вот воздух? Безусловно, когда он сух, то является отличным изолятором. Но уж если через него проскочила электрическая искра, то в этот момент он, разумеется, стал проводником.

Откуда «бьет» источник тока?

Возьмите в руки обычную электрическую батарейку и рассмотрите ее. Вы, конечно, найдете на ней «плюс» и «минус» — значки, отмечающие ее полюса. Если присоединить их к лампочке, скажем, от карманного фонарика, то она зажжется. Что заставило ее гореть? Ясно, что по ней побежали от одного полюса батареи к другому электрические заряды. Или еще мы говорим, что потек электрический ток.

Почему же он не течет внутри самой батарейки, когда она ни к чему не присоединена? Заряды-то на ее полюсах разноименные и хотели бы притянуться друг к другу. Значит, внутри батарейки им что-то мешает соединиться, какая-то сила раздвигает их. А вот через лампочку и проводки — бегите себе, заряды, пожалуйста. Но лишь только перебегут они от одного полюса к другому, только встретятся, как опять эта сила разлучит их, разведет по полюсам, чтобы снова помчались они через лампочку. Так и течет без перерыва электрическая речка по замкнутому кругу, сколько сил у батарейки хватит.

Луиджи Гальвани (1737–1798) — итальянский физик и физиолог. Один из основоположников учения об электричестве, обнаруживший сокращение мышц лягушки под действием электрического тока. Его опыты с «животным» электричеством легли в фундамент нового научного направления — электрофизиологии.

Обнаружилось подобное явление в опытах итальянского ученого **Луиджи Гальвани**. Соединяя мышцы и нервы препарированной лягушки проводником, состоящим из железа и меди, он заметил сокращение, дергание мышц. То есть в металлах, как в будущей батарейке, заряды перебегали друг к другу через лапку лягушки. Правда, Гальвани полагал, что в каждом животном есть свое собственное, особое электричество. Позже его соотечественник **Алессандро Вольта** исправил эту ошибку, доказав, что электричество по своей природе везде одно и то же. Ему также удалось построить в 1800 году первый источник электрического тока — вольтов столб, состоящий из чередующихся медных и цинковых пластинок. С этого изобретения начинается история кропотливых исследований электрического тока.

Бег по кругу

Какие бы источники электрического тока мы ни использовали, заставить их работать сможем лишь тогда, когда соединим их полюса проводами и приборами. Иначе говоря, мы должны образовать электрическую цепь. В отличие от обычной речки, текущей только сверху вниз, электрический ток должен течь лишь по замкнутым путям. Роль насоса, перекачивающего воду из нижнего течения реки назад, на высоту, играют источники тока, «перекачивающие» внутри себя заряды с одного полюса на другой.

Алессандро Вольта (1745–1827) — итальянский физик и химик. Под влиянием наблюдений Гальвани занялся исследованием электрического тока. Изобрел и построил первый длительно действующий источник тока — вольтов столб. Это устройство проторило дорогу дальнейшему экспериментальному изучению электричества. Автор многих приборов и проекта

телеграфа.

Понятно, что вольтовы столбы или те маленькие электрические батарейки, которыми мы пользуемся сегодня, — не слишком мощные источники тока. Поиск новых, более «солидных», продолжается уже около двух столетий. Но для установления законов, которым подчиняется электрический ток, на первых порах было достаточно и простейших его источников.

Начало XIX века ознаменовалось широким наступлением ученых на выяснение этих закономерностей. Вводятся такие важные физические величины, как сила тока и напряжение. Первая величина подобна расходу воды в реке, а вторая — напору, создаваемому плотиной. Устанавливается направление тока в замкнутой цепи.

Правда, с ним вышел небольшой казус. Поначалу считалось, что по электрической цепи из металлических проводников циркулируют положительные заряды. Сегодня же достоверно известно, что текут-то по ним отрицательно заряженные электроны. И, конечно, в противоположном направлении.

Андре Мари Ампер (1775–1836) — французский

физик, математик и химик. Открыл закон взаимодействия электрических токов, сформулировал правило для определения действия тока на магнитную стрелку. Тесно связывал электрические и магнитные явления, предположив, что магнетизм объясняется микроскопическими токами внутри вещества. Изобрел множество приборов, в том числе электромагнитный телеграф.

А вот единицы измерения силы тока и напряжения претерпели лишь количественные изменения. Сегодня они хорошо вам знакомы и указаны практически на каждом электрическом приборе. Взгляните, например, на розетку, лампочку или штепсель. На них вы найдете наименования этих единиц, присвоенных в честь великих ученых, — это **амперы** и **вольты**.

Как соединять проводники в цепи?

Если составить **электрическую цепь** из батарейки или небольшого аккумулятора, проводов, выключателя и нескольких лампочек, то можно провести такой опыт. Соединяя лампочки одну за другой, как в елочной гирлянде, мы заметим, что они горят не слишком ярко. А если соединить их так, чтобы ток разветвлялся и тек по ним, как вода в рукавах реки, то накал лампочек значительно возрастет. Почему? Ведь **источник тока** один и тот же, да и лампочки не меняли вроде своих свойств. Все дело, по-видимому, в особенностях их соединения.

Как вы думаете, в каком случае току было легче течь по цепи? Наверное, во втором. Так как мы дали ему возможность, хоть и разделившись, пройти лишь по одной лампочке. А в первом — заставили «перебрать» все лампочки последовательно. Это как в трубе — сквозь узкую длинную трубку воде протечь труднее, чем если бы ее нарезали на кусочки и сложили бы так, чтобы вода текла через большое ячеистое отверстие.

Эти нехитрые эксперименты подсказывают, как соединять в разных случаях проводники. Когда нужно увеличить их сопротивление электрическому току, их ставят в «затылочек» друг другу — последовательно. А если хотят уменьшить это сопротивление, то размещают их, как воинов в строю — всех «лицами» в одну сторону, или параллельно.

Разбираясь с различными электрическими схемами, вы всегда обнаружите тот или иной вид соединения не только проводников,

но и самых разных элементов цепи. Учет правил **последовательного** и **параллельного соединений** заметно облегчает расчеты. Скажем, в наших квартирах все приборы подключаются к электрической сети параллельно.

Вопросами сопротивления проводников занимались многие известные ученые. Выяснилось, что оно зависит как от размеров проводника, так и от вещества, из которого он сделан. Знание этих характеристик позволяет подобрать нужные материалы как при передаче электроэнергии по проводам, так и при изготовлении радио- и электронных схем.

От чего зависит ток?

Огромную роль в понимании электрических явлений сыграл закон, открытый скромным немецким учителем **Георгом Омом**. Его предшественники были весьма близки к установлению этого закона, однако не смогли его сформулировать. Поставив многочисленные опыты, Ом уловил важную связь. Сила тока, текущего через проводник, будет тем больше, чем большее напряжение создаст на его концах источник тока. С другой стороны, если мы начнем увеличивать сопротивление проводника, оставив в покое напряжение, то заметим, как ток тут же уменьшится.

Георг Ом (1787–1854) — немецкий физик. Экспериментально открыл основной закон электрической цепи, вывел его теоретически. Глубоко изучил явление электрического сопротивления, ввел важные для электротехники понятия. Установил различие между основным тоном звука и добавочными

— обертонами. Также проводил исследования в области оптики.

Этот закон лег в основу всех последующих расчетов электрических цепей. Вот, например, в некоторых театрах свет гасят не мгновенно, а постепенно. Добиваются этого тем, что медленно увеличивают **сопротивление**, включенное последовательно с лампами. Иногда мы замечаем, что в наших квартирах резко вспыхивают или угасают электролампы. И мы уже автоматически говорим: напряжение возросло или упало. Все это — действие **закона Ома**.

Чтобы в наших домах или приборах не возникло пожаров от короткого замыкания, на входе в квартиру вставляют в электрическую цепь предохранители. Их сопротивление подбирают так, что при большом токе они, нагревшись, могли бы разомкнуть цепь. И на время «обесточить» квартиру или прибор.

А вот заслуги в исследовании электричества и необыкновенное трудолюбие принесли Ому славу и позволили, в конце концов, полностью посвятить себя научной работе. Его имя получила единица измерения электрического сопротивления — 1 Ом.

Чем греют ныне воду в самоваре?

В своих опытах Георг Ом использовал интересный источник тока. Две проволочки — медная и висмутовая — местами своего соприкосновения погружались в кипяток и в лед. Со времен Гальвани было известно, что при контактах разнородных металлов может появиться электричество. А если, как это делал Ом, поддерживать два таких контакта при постоянных, но разных температурах, то по проволочкам потечет равномерный ток. Вот такой источник, а называется он **термоэлемент**, очень помог Ому.

Эффективность этого элемента, к сожалению, довольно мала. Однако возможность перевести тепловую энергию в электрическую подсказала и другие, как бы встречные идеи.

Сейчас покажется очевидным, что электричество доставляет нам в дома практически всю необходимую энергию. А ну-ка, пройдемся по своей квартире. Кроме батарей центрального отопления, пожалуй, все остальные нагревательные приборы «питаются» электричеством. У многих на кухнях стоят электроплиты. Подогреть воду зачастую предпочитают в электрическом чайнике и электросамоваре. Бывает, что в холодные дни, когда отключают на ремонт водяное отопление, вы призываете на помощь электрокамины.

Не удивляйтесь, если вы, даже включив свет, не обнаружите в доме еще несколько источников тепла, потребляющих

электричество. Но вы сразу догадаетесь, о чем речь, когда поспешите выкрутить из патрона перегоревшую лампочку. Обожглись? Так что же, разве лампочка — не **источник тепла**? Увы, ваше предположение о том, что она — **источник света**, верно лишь отчасти. На излучение света лампой тратится лишь несколько процентов электроэнергии. Все остальное — тепловые потери.

Таким образом, возможность перехода электрической энергии в тепловую оказалась для нас очень важной. Иногда, как в нагревателях, хотелось бы тепла получить побольше, а вот в примере с лампочкой — поменьше.

Ток течет — заряд сохраняется

Что же требуется для того, чтобы тек электрический ток? Какие условия обязательно должны выполняться? Первым делом, разумеется, должны быть в наличии носители заряда — заряженные частички, к примеру, **электроны**. Второе условие: необходима сила, которая будет их «тащить» вдоль проводника.

Но почему мы говорим только об отрицательно заряженных электронах? Ведь если включить ток в электрической цепи, то выяснится, что полный заряд всех ее элементов может быть равным нулю. Тогда закон сохранения заряда подскажет нам, что кроме электронов в нашей цепочке скрывается ровно столько же зарядов положительных. И правда, прошло не так уж много времени после открытия электрона, как были обнаружены его товарищи-напарники. Их назвали **протонами**, они в пару тысяч раз помассивнее электрона, а вот заряд имеют точно такой же, но положительный. Комбинации этих двух видов заряженных частиц обеспечивают протекание тока во всех известных случаях, хотя ясно, что легоньким электронам это удается лучше.

А вот другой закон сохранения — **энергии** — позволил «разложить по полочкам» все ее переходы внутри электрической цепи, какой бы сложной она ни была. Судите сами. Что подает энергию в цепь? Батарейка, аккумулятор, генератор тока на электростанции. Все они совершают работу, преобразуя в электрическую иные виды энергии, скажем, химическую или механическую. А дальше все происходит, как в любой известной нам машине. Часть электрической энергии идет на нужный нам нагрев, положим, воды в электросамоваре или воздуха в комнате, либо — на механическую работу, как в электрокофемолке или пылесосе. И, конечно, неминуемы потери, которые, как всегда, учтет коэффициент полезного действия нашего устройства.

Закон сохранения энергии в применении к электрическим цепям был установлен двумя физиками: английским — Джеймсом Джоулем и российским — Эмилием Христиановичем Ленцем немногим более 170 лет назад.

Легко ли изобрести лампочку?

Отчего же все-таки при протекании электрического тока проводники нагреваются? И даже могут излучать свет? Многие десятилетия нагревательные и осветительные приборы создавали подбором, наблюдая и описывая лишь внешние эффекты. Вот, например, этот металл или угольный стерженек раскаляется ярче, чем какой-то другой. А не попробовать ли еще какой-нибудь — вдруг будет лучше? Понятно, что такой метод — метод проб и ошибок — был не очень продуктивным. С другой стороны, отдадим дань упорству и настойчивости десятков изобретателей, которые шли этим нелегким путем.

Хорошая иллюстрация здесь — история создания электрической **лампочки накаливания**. Русский электротехник **Александр Николаевич Лодыгин** затратил множество усилий, перебирая различные материалы для нагреваемого стерженька. Постепенно он дошел до идеи накалять угольный стерженек в закупоренной стеклянной колбе. Первые лампы горели около получаса. Откачав воздух из колбы, Лодыгин довел время накала до нескольких часов. Даже такими несовершенными лампами ему удалось осветить в 1873 году одну из улиц Петербурга.

Узнав о лодыгинской лампе, ею заинтересовался американский изобретатель **Томас Эдисон**. Проделав 6000 опытов, исписав 200 записных книжек, он выяснил, что нужно для продолжительной работы такой лампочки. Откачка до низкого

давления, патрон и выключатель — этим мы пользуемся до сих пор. А вот лучше всего у Эдисона светились обугленные бамбуковые волокна. Затем вновь Лодыгин усовершенствовал лампу, заменив волокна на вольфрамовую нить. Этот металл «прижился» в лампе и работает в ней и сейчас.

Александр Николаевич Лодыгин (1847–1923) — российский электротехник. Занимался изобретением летательных машин. Построил угольную лампу накаливания — прообраз будущих электрических лампочек. Один из основателей электротермии — прикладной науки о преобразовании электрической энергии в тепловую.

Как вы думаете, выгодно ли сегодня так, буквально вслепую, подбирать нужные нам качества у создаваемых приборов? Стремление получить надежные ответы на запросы практики, да и, конечно, неутомимое любопытство заставляло исследователей вновь заглянуть в «устройство» вещества. Может быть, там кроются разгадки замысловатых тайн электрического тока?

Бег по пересеченной местности

Еще раз поставим вопрос: почему электрический ток нагревает проводники? А теперь попробуем ответить на него, опираясь на достижения ученых в изучении микроструктуры вещества. Открытая 120 лет назад самая маленькая заряженная частичка — электрон — словно взяла на себя ответственность за протекание тока в металлах. Если металл-проводник не включен в электрическую цепь, то юркие электроны снуют внутри него, как молекулы газа в комнате. Но стоит подключить проводник к источнику тока, как тут же появляется сила, которая чем-то напоминает дуновение ветра.

Вспомните, быть может, вам приходилось видеть рой мошкары, снующей в воздухе у пруда, у реки или в летнем лесу. Дунул ветер, и все облако словно поехало, хотя беспорядочное движение в нем продолжается. Так и «электрический ветер» понесет вдоль проводника стаи электронов, и тем сильнее, чем большее напряжение способен создать источник тока.

Постойте, скажете вы, ведь электроны несутся не в пустотелой трубочке, это же сплошной металл! Но тут молекулярная теория напомнит вам, что как бы плотно ни были упакованы атомы вещества, между ними — довольно порядочные щелки. В каком-то смысле движение электронов по металлу напоминает просачивание воды, льющейся из-под крана сквозь пористую поролоновую губку.

Джозеф Джон Томсон (1856–1940) — английский физик. Прославил себя экспериментальным открытием электрона. Обнаружил эффект испарения электронов нагретыми металлами. Разработал теорию движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях, изучал особенности прохождения электрического тока в газах. Предложил одну из первых моделей устройства атома. Один из основоположников электронной теории металлов.

Этот пример, кстати, позволит понять нам, что такое электрическое сопротивление. Без губки воде, естественно, течь легче. Вот и электронам, как бы они ни были легки и подвижны, не так-то просто «продираться» между значительно более «солидными» атомами. Получается, что электрический ветер «подгоняет» электроны, а они свою энергию вынуждены отдавать атомам «стукаясь» об них.

В этом-то — причина разогревания проводника током. Сравните потерю энергии при торможении автомобиля трением и потерю электрической энергии при «торможении» тока сопротивлением металла. Куда в обоих случаях перешла энергия?

Все правильно: и там, и тут — в тепло.

Как в воде возникнет ток?

А как протекает ток не в металлах, а, к примеру, в жидкостях? Вот интересный опыт, который можно провести на кухне.

Присоедините к полюсам плоской батарейки два проводника и опустите их в воду, налитую в стеклянную банку, только так, чтобы они не касались друг друга. Мы получили электрическую цепь, элементом которой стала вода. Потечет ли по ней ток?

Узнать об этом можно, если цепочку «разорвать», то есть где-то отсоединить друг от друга проводочки, и вставить между ними лампочку от карманного фонарика. Если в банке — обычная пресная вода, то лампочка гореть не будет. Иначе говоря, вода в этом случае — **изолятор**.

Но вот потихоньку, щепотками, добавляйте в воду соль. Можно заметить, что лампочка зажигается и постепенно накаливается все ярче. Что же, вода стала **проводником**?

Да, поскольку в ней появились носители заряда. Это уже знакомые нам электроны и протоны, объединившиеся в группы с разноименными знаками. Сухая соль тока не проводит, то есть в ней «плюсы» и «минусы» крепко-накрепко связаны. Однако, попав в воду, соль растворяется, и это приводит к тому, что ее мельчайшие частички-атомы, разведенные молекулами воды, уносят каждая то отрицательный, то положительный заряд.

В воде эти заряженные комбинации частиц, их еще называют **ионами**, чувствуют себя довольно свободно и немедленно двинутся в путешествие. Отрицательные ионы, само собой разумеется, направятся к проволочке, связанной с положительным полюсом батарейки. Положительные — в другую.

Итак, в воде началось движение электрических зарядов, иными словами, потек электрический ток.

Машины на электрическом ходу

Почему важно знать о протекании тока через жидкости? А вам не приходилось видеть, как безуспешно пытается завести двигатель водитель легковой машины? Он отчаянно нажимает стартер, вот-вот двигатель раскрутится, но снова глохнет. И вдруг — ура, завелся! Что же призывает на помощь шофер, пытаясь поначалу раскрутить вал мотора своего автомобиля? Это — **аккумулятор электрической энергии**. Если хотите, его можно считать **батарейкой**. Как от вашего фонарика, только очень большой.

Аккумуляторы безжизненны, пока в них не зальют специальную жидкость. Именно благодаря ей это устройство сперва можно зарядить, перегнав через нее заряды с одной пластины проводника на другую и сделав их тем самым полюсами. И опять же через эту жидкость заряды побегут, когда аккумулятор станет делиться своей энергией, как в приведенном примере. Слышали, как говорят: «батарейка села», «посадили аккумулятор»? «Посадить» — значит израсходовать их энергию.

К сожалению, даже современные аккумуляторы — слишком тяжелые и громоздкие, требуют частой подзарядки. Поэтому машины на электрическом ходу — трамваи, электровозы, троллейбусы, поезда метро — «привязаны» к проводам и рельсам, по которым к ним подают электроэнергию.

Однако человек не терял надежды изобрести такие накопители электричества, что позволили бы применить их на автомобилях. Уже сегодня существует довольно много

разновидностей электромобилей. Они передвигаются автономно, но время от времени все же должны подзарядить свои источники тока — как обычные автомобили заправляются топливом. На длинные путешествия, однако, их пока еще не хватает. Но, может быть, скоро электромобили все-таки смогут вытеснить из городов чадящие машины с бензиновыми и дизельными двигателями и помочь очистить там воздух?

Блестящий обман электролиза

Как вы думаете, из чего сделаны сверкающие бамперы легковых автомобилей? Неужели целиком — из одного ценного металла? Однако на старых машинах можно обнаружить по краям бамперов тонкие блестящие лепесточки. Они похожи на шелушащуюся от загара кожу, а под ними заметен уже неказистый, недорогой материал. Или, если поковырять отливающую бронзой статуэтку, вдруг выяснится, что внутри — гипс.

Понятно, что во многих случаях хотелось бы нанести на изделие красивое, дорогое или защитное покрытие, но — тонким слоем. Чтобы уменьшить расход дефицитных материалов, прибегают к помощи **электролиза**. Как его провести?

В ванну с раствором необходимого для покрытия вещества опускают концы электрической цепи. Эти концы называют **электродами**. К одному из них крепят наше изделие, например, статую или металлическую деталь. И пропускают через раствор электрический ток. Заряженные частички — ионы, скажем, хрома или никеля, устремляются к изделию и начнут со всех сторон «облеплять» его. Электрические заряды пойдут дальше по цепи или, напротив, придут и «высадятся» на ионах. Но сама массивная частичка металла останется на месте, на поверхности изделия. Так можно, слой за слоем, наращивать толщину наносимого покрытия — хромировать или никелировать.

Оказалось, это явление подчиняется строгим законам. Они были открыты знаменитым английским ученым **Майклом Фарадеем** в начале тридцатых годов прошлого века. Зная эти законы, люди научились защищать металлы от коррозии, наносить рисунки на объемные детали, снимать слепки с различных фигур. Очень важное применение электролиза — получение чистых металлов из их растворов или расплавов, а также многих химических соединений, которые иным путем изготавливать не удается.

Посмотрите вокруг себя. Не скрывается ли под тонкой оболочкой многих приборов и украшений какой-нибудь простой и дешевый материал?

Откуда ток берется в пустоте?

Возможны ли частицы без заряда? Даже если это мельчайшие частички вещества — атомы или молекулы — они вполне могут быть незаряженными, нейтральными. А может быть заряд без частички? Оказывается, нет. Нигде мы не обнаружим заряда, «гуляющего», как киплинговская кошка, самого по себе. Всегда он к чему-то «приконопачен» — к электрону, к протону или к их комбинациям — ионам.

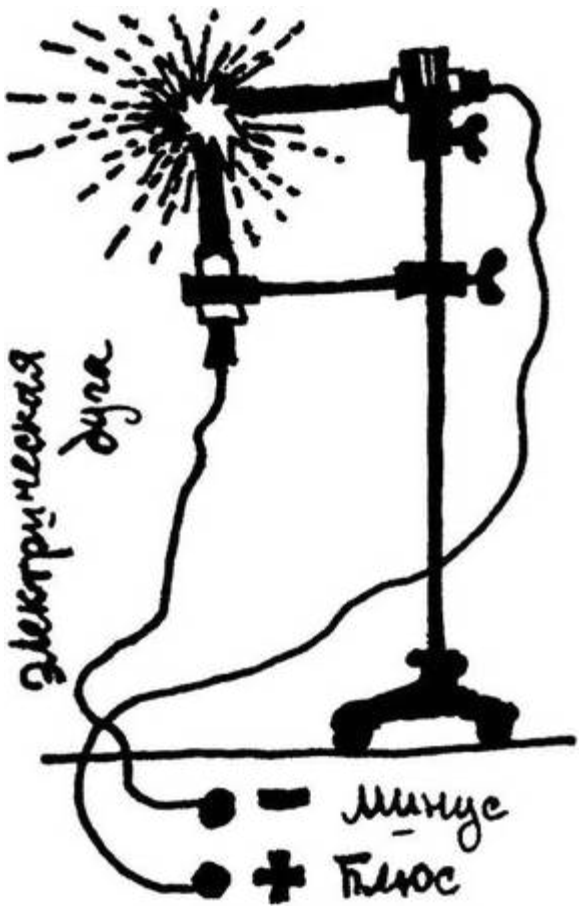
Подобный вопрос пришлось обсуждать, когда возникла задача пропустить ток через… вакуум. Встала такая задача с развитием радиотехники. Может быть, вам приходилось заглядывать в «нутро» старых радиоприемников или телевизоров. Вы замечали, сколько там разнообразных ламп с хитроумной начинкой? А ведь из них откачан воздух, и все электрические процессы протекают в пустоте. Сегодня ламповые приборы из-за большого потребления энергии и не очень высокой надежности вытеснены более эффективными, полупроводниковыми. Но вот одну большую лампу вы и по сей день встретите как в телевизорах, так и в дисплеях. Это — кинескоп.

Итак, поскольку внутри этих малых и гигантских ламп нет, можно сказать, ничего, то что же будет переносить там электрический заряд? Так как он «отдельно» от частичек не существует, то ответ напрашивается сам собой. В откачанное от воздуха пространство необходимо «впрыснуть» заряженные частички. Это и делают, нагревая, например, металлы, из которых как бы испаряются электроны.

Вот теперь есть чем погонять «электрическому ветру». Подавая, скажем, на кинескоп высокое напряжение, можно так манипулировать электронами, что они будут послушно выполнять любые приказы. Да, собственно, вы наблюдаете за этим каждый день, смотря телевизор. Ведь изображение на его экране — не что иное, как результат «бомбардировки» электронным пучком светящегося от его ударов вещества. А уж когда начинается электронная игра на дисплее или вам демонстрируют чудеса компьютерной графики, можно понять, насколько велики возможности электронного луча, несущегося в вакууме.

Что роднит молнию и сварочный аппарат?

Отчего светятся разными цветами рекламные трубки? Почему горят люминисцентные лампы, или, как их еще называют, лампы дневного света? Почему сверкает молния? Почему горит электрическая дуга, скажем, при сварке? Оказывается, все эти, на первый взгляд, различные примеры свечения объединяет одно — это **электрический разряд в газах**.



Газы — неплохие изоляторы, так как в «чистом» виде — это нейтральные молекулы. Поэтому, чтобы через газ прошел электрический ток, заряды в нем каким-то образом надо создать. Ухищрений для этого придумали много. Можно газ облучать, подогревать, «впрыскивать» в него заряженные частички. Но самый важный процесс при разряде — когда электроны, подгоняемые напряжением, смогут так разогнаться, что при ударе

о нейтральную молекулу газа выбьют из нее новый электрон.

Что останется тогда от молекулы? По массе она почти ничего не потеряет — электрон слишком легок. А вот если от ее нулевого заряда электрон, оторвавшись, «утащит» с собой отрицательный заряд? Конечно, вы догадались — молекула газа зарядится положительно — и станет ионом.

Вот как газы-диэлектрики, выдерживающие высокое напряжение, в какой-то момент становятся прекрасными проводниками. При протекании по ним электрического тока молекулы газов из-за электронной бомбардировки оказываются способными излучать свет. Это их качество активно используется сейчас в самых разных отраслях науки, техники и быта. Отметим лишь одно изобретение, сыгравшее в дальнейшем огромную роль.

Павел Николаевич Яблочков (1847–1894) — российский электротехник. Исследовал электричество как источник света. Изобрел дуговую лампу — «свечу Яблочкова». Положил начало первой применимой на практике системе электрического освещения. Занимался созданием электрических машин и вопросами получения электричества непосредственно из химической энергии

угля.

В 1802 году русский ученый **Василий Владимирович Петров** впервые изучил явление, названное им **электрической дугой**. Впоследствии его стали применять при сваривании металлических деталей. Два электрода, подключенные к мощному источнику тока, способны вызвать между собой ослепительное свечение газа. Наверняка вы наблюдали за электросваркой и знаете, что яркость вспышек так велика, что от нее надо защищать глаза. Сварку с помощью электрического тока изобрели русские инженеры Николай Николаевич Бенардос и Николай Гаврилович Славянов. И где только теперь она не применяется — от постройки мостов до сварки корпусов автомашин.

В прошлом же веке электрическую дугу «подрядили» освещать улицы. И сегодня одни из самых мощных осветительных приборов — дуговые лампы.

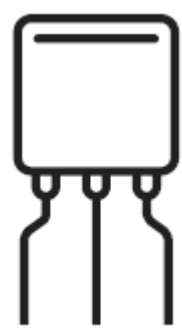
Миниатюрный, надежный? — В космос!

Вы, конечно, пользовались транзисторными приемниками. Их иногда просто называют «транзистор». Однако это — пусть важная, но только одна деталь приемника, построенного на полупроводниковых элементах.

А что такое **полупроводник**? Это кристаллики твердых веществ, скажем, кремния, обладающих особыми электрическими свойствами. Например, в отличие от металлов, сопротивление полупроводников с увеличением температуры уменьшается. На их проводимость может влиять облучение светом. А самое интересное, что мы можем менять их способность проводить электрический ток вкраплением примесей разных химических веществ.

Полупроводники, как подсказывает их название, занимают промежуточное место между проводниками и изоляторами. Возможность менять их электрические свойства в широком диапазоне обеспечила им широкое применение в электротехнике, радиоприборах и электронике. Скажем, фотоэлемент, способный замыкать и размыкать электрическую цепь под действием света, построен на основе полупроводников. Чувствительный термометр, замечающий ничтожно малые перепады температур — тоже его применение.

Соединение различных полупроводников образует диод — прибор, пропускающий ток только в одну сторону. А добавление третьего полупроводника в эту «компанию» позволяет слабыми изменениями тока управлять током большим. Вот это и есть усилитель — **транзистор**.



Транзистор

Благодаря распространению полупроводниковых элементов стало возможным перейти от громоздких вычислительных машин

к миниатюрным, умещающимся порой в объеме записной книжки. Маленькие размеры, большой объем памяти и быстродействие позволяют применять такие устройства на борту космических кораблей.

Еще очень важная область, где полупроводники должны сказать свое весомое слово — солнечная энергетика. Пока устройства, преобразующие солнечный свет в электроэнергию, не очень эффективны и весьма дороги. Но их уже используют для обеспечения энергией космических комплексов. Солнечные батареи размещают, как вы, наверное, видели, на «крыльях»-панелях орбитальных аппаратов. А не так давно смог самостоятельно двигаться первый автомобиль **на солнечных батареях**.

Без потерь по проводам

В механических устройствах, как ни старайся, а совсем избавиться от трения нельзя. Наверное, то же самое и с электрическим сопротивлением? На то оно и сопротивление, чтобы мешать электрическому току течь по проводам, терять энергию и выделять ее в виде тепла.

До поры до времени так и считали. Однако оказалось, что природа и здесь подготовила нам сюрприз.

В 1911 году голландский ученый **Хейке Камерлинг-Оннес** обнаружил удивительное явление. При очень низких температурах, близких к абсолютному нулю, некоторые металлы резко, скачком, теряют свое сопротивление. Это явление получило название **сверхпроводимости**.

К сожалению, такой «подарок», который обеспечил бы передачу электрической энергии по проводам без потерь, принять людям было трудно. Ведь чтобы создать такие низкие, несуществующие на Земле, температуры, приходилось, как в холодильнике, энергию затрачивать. Поэтому начались многолетние поиски новых, высокотемпературных сверхпроводников.

Шли десятилетия. Лишь в пятидесятых годах это явление получило теоретическое объяснение. Однако температуру необычного состояния удалось поднять только на пару десятков градусов. Чего только не изобретали исследователи! И вот в 1986 году швейцарским ученым удалось найти такие композиции веществ, в которых сверхпроводимость возникала уже при сотне градусов выше абсолютного нуля.

Это, конечно, еще далековато до наших обычных температур. Тем не менее, достижение сверхпроводимости упростилось. Сейчас ее используют во все более широких масштабах при проведении физических экспериментов.

А еще благодаря этому открытию укрепилась надежда, что в скором времени она будет достигнута и при обычных, комнатных температурах.

Подумайте, к каким революционным последствиям может привести появление материалов с нулевым электрическим сопротивлением.

Как зарядиться давлением?

Какие зажигалки вы знаете? Может быть, кому-нибудь встречались старые — с фитильком, пропитанным бензином. Или новые, газовые, когда колесиком высекают искру, поджигающую струйку вырывающегося сжатого газа. На кухнях, где стоят газовые плиты, пользуются подсоединенными к сети электрическими зажигалками, в которых проскакивает искра, созданная высоким напряжением. А не попадались ли вам зажигалки без всяких проводов, но так же высекающие искры при нажатии на кнопку?

Действительно, откуда в них берется энергия? Если вы разберете такую зажигалку в поисках батарейки или газового баллончика, то ничего подобного не обнаружите. А найдете внутри небольшой кристалл с подсоединенными к нему проводочками. Это — кристалл **кварца**, который как выяснилось более 100 лет назад, обладает интересными свойствами. При сжатии его с двух сторон на других гранях возникают электрические заряды двух разных знаков, то есть создается электрическое напряжение. Именно его используют в зажигалках для создания искры.

Такое любопытное явление, названное **пьезоэлектричеством**, стали применять уже во время I мировой войны для обнаружения… подводных лодок. Двигаясь в воде, винт лодки создает попеременные сжатия и разрежения воды, бегущие от лодки в виде волн. Если на их пути разместить пьезоэлектрический кристалл, то он начнет колебаться под действием переменного давления и его грани станут заряжаться. Возникнет электрический сигнал, который позволит таким образом уловить шум от далекой подводной лодки.

Пьезоэлектрический эффект сегодня широко применяют в микрофонах и телефонах, для создания ультразвуковых волн, обнаружения дефектов внутри металлов и для измерения механических напряжений и вибраций.

Поле — стремительный гонец

Давайте задумаемся над вот каким вопросом. Пусть нам понадобится включить какой-то мощный электрический прибор, доступ к которому затруднен. Ну что ж, для этого мы протянем к нему провода, а кнопку или рубильник разместим в удобном нам месте. Теперь одним движением пальца щелкаем кнопкой, замыкаем цепь, и что-то там вдалеке зажглось, завращалось, загрохотало, поехало…

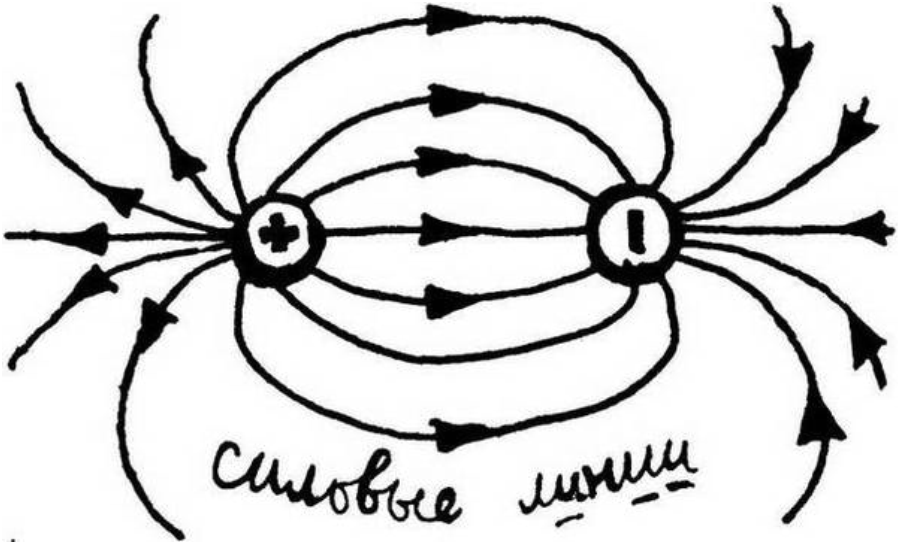
Как вы считаете, когда мы замкнули цепь, заряды от нас сразу помчались к прибору? Моментально добежали до него и вернулись обратно? Закружились по цепи? Да, закружились, но не так скоро, как нам могло показаться.

Оказывается, при включении цепи заряды, переносящие ток, пришли в движение все одновременно. Собственная скорость, с которой они текут, удивительно мала — какие-то доли миллиметра в секунду. Почему же тогда прибор почти мгновенно отреагировал на наше нажатие кнопки и сразу заработал?

А дело в том, что не сами заряды побежали по цепи так быстро, они только передали друг другу сигнал — «пора двигаться!» Вот этот-то сигнал и несется с огромной — триста тысяч километров в секунду — скоростью. Что же это за скорость такая? Ее называют скоростью распространения электрического поля и равна она скорости света.

Идея о том, что вокруг электрических зарядов меняются свойства пространства, иными словами, создается **электрическое поле**, возникло в работах великого английского ученого **Майкла Фарадея**. В дальнейшем она блестяще подтвердилась и легла в фундамент теории электромагнетизма.

Вот и в нашем примере зарядам не было нужды мчаться «во весь дух» по цепи. Им было достаточно «шевельнуться» при ее замыкании, а информацию об этом электрическое поле донесло до всех «закоулков» цепи, заставив везде течь ток.


Силовые линии

Мир магнетизма

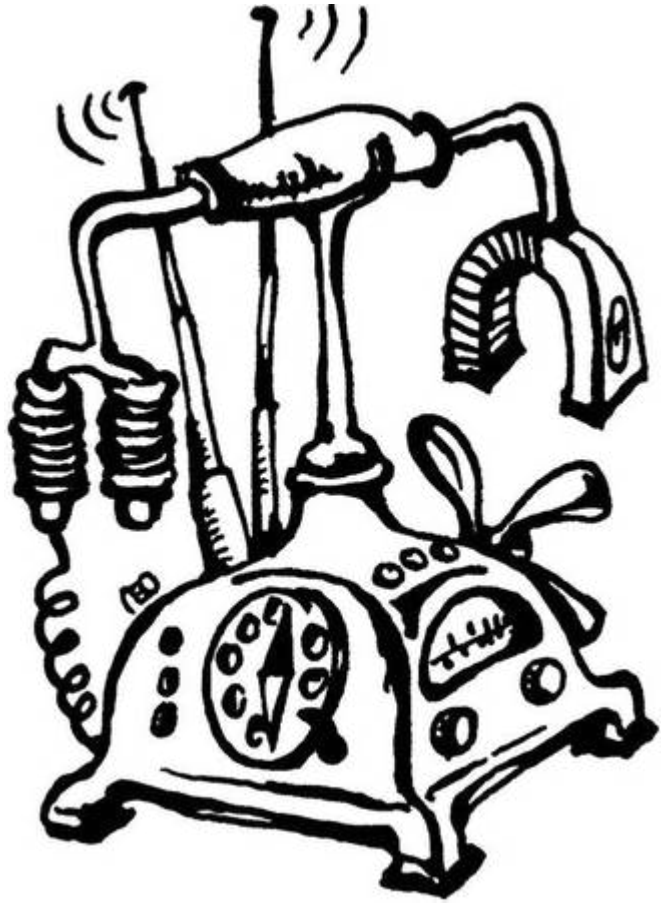
…Сесть на железный круг
И, взяв большой магнит,
Его забросить вверх высоко,
Докуда будет видеть око;
Он за собой железо приманит…

Э. Ростан

Знаете, что описано в этом стихе? Так знаменитый герой Эдмона Ростана, поэт и фантазер Сирано де Бержерак предлагал полететь… на Луну. Подумайте, кстати, возможно ли подниматься подобным манером.

Нам же сейчас важен лишь один из участников этого «полета» — **магнит**. Знали о нем, как видно, исстари. И компасы придумали, и для всяких развлечений и устройств приспосабливали. Да и вы, конечно, баловались с магнитами, заставляя ими «плясать» гвоздики и стальные скрепки.

Но вот когда человек научился управлять «магнитной силой» и даже создавать магниты искусственные, он сумел воплотить в жизнь свои давние и заветные мечты.



Можно ли говорить друг с другом на огромном расстоянии? Бывает ли связь без проводов? Как посмотреть футбол в Америке, сидя на диване в Москве?

Все это оказалось осуществимо. Телеграф, телефон, радио, телевидение, даже трансляции с других планет — разве нам это в диковинку? А начиналось путешествие в огромный и волшебный мир магнетизма с наблюдений за маленькой дрожащей стрелкой компаса.

Зачем нужен компас?

Самые простые опыты по магнетизму — опыты с **компасом**. Ну-ка, рассмотрите его повнимательнее. Стрелка компаса окрашена двумя цветами: один конец синий или голубой, а другой — красный. Сделана она из кусочка железа и укреплена так, что может свободно вращаться на кончике иглы. Синий ее конец указывает на север, красный — на юг. С помощью этой стрелки мы можем ориентироваться в сторонах света.

Таким свойством — поворачиваться в пространстве — обладают многие намагниченные предметы. Подвешенный на нитке железный гвоздь, если он был намагничен, также становится «компасом», то есть поворачивается по направлению «север-юг».

Трудно сказать, когда люди обнаружили такое явление и стали его применять. Во всяком случае, еще более 4000 лет назад это открытие было известно китайцам. Через арабских купцов с принципом действия компаса познакомилась и Европа, и в течение XII века он широко распространился по ней.

Со временем компас стали ставить на корабли, брать с собой в путешествия, использовать при составлении географических карт. В сочетании с ориентированием по звездам компас превратился в незаменимое навигационное средство.

Для точных показаний компаса надо следить за тем, чтобы его стрелка не размагничивалась, то есть не помещать его вблизи железных предметов. Так же надо дать стрелке возможность вращаться без трения. Этого вы, кстати, можете добиться тем, что поместите намагниченную стрелку на деревянную планку или кусочек пенопласта, плавающие в воде. Последите, как всякий раз «потревоженный» компас будет возвращаться в одно и то же положение.

Как бродят полюса?

В любой ли точке на поверхности Земли компас дает верные показания? Оказывается, нет. И дело не в самом приборе, а в том, где его используют.

Когда-то в старину скандинавы, плавающие по арктическим морям в районе Гренландии, обнаружили, что кое-где синий конец стрелки указывал почти на запад. С этим расхождением сталкивались все чаще по мере освоения северных территорий. В чем же дело?

Древним народам было невдомек, что северных полюсов — два. Необходимо различать географические полюса — условные точки, где как бы проходит ось вращения Земли, и магнитные. Северный магнитный полюс, так же, как и Южный в Антарктиде, смещен от этой точки на сотни километров. У экватора и в средних широтах такое «раздвоение» незаметно. Но чем ближе к северу, тем больше компас будет нас «обманывать».

Более того, расположение магнитных полюсов относительно географических непостоянно. Хотя и медленно, но эти полюса «дрейфуют», выписывая на земной поверхности замысловатые траектории. Современные исследования намагниченности древних пород показали, что бывали случаи, когда магнитные полюса вообще менялись местами.

Так что, пользуясь компасом, надо умело вносить в его показания поправки. Это и приходится делать полярным морякам, летчикам и ученым.

На севере ли северный полюс?

А почему магнитная стрелка крутится на поверхности Земли? Ведь если мы поднесем к ней какой-нибудь намагниченный предмет, то можем заставить ее повернуться куда захотим. Значит, в отсутствие поблизости магнитов стрелкой распоряжается Земля? Получается, что она — сама большой магнит?

Отнюдь не все планеты, как это выяснили не так давно исследователи, представляют собой магниты. Скажем, на Венере приборы, доставленные на нее ракетой, магнетизма не нашли. А вот Земля магнитными свойствами обладает. Она взаимодействует с другими магнитами, к примеру, с компасной стрелкой, так же, как и любые два магнита у нас на столе.

Как же влияют два магнита друг на друга? Давно было замечено, что северный полюс притягивается к южному, а одноименные полюса — отталкиваются. Это можно легко проверить с помощью двух намагниченных стрелок или гвоздей. Не правда ли, похоже на взаимодействие электрических зарядов?

Но если наша планета — большой магнит, то синий северный конец компасной стрелки должен был бы тянуться к южному полюсу Земли! И это — верно. А северным его считают из-за соседства с одноименным географическим полюсом.

С чем связан магнетизм Земли? Это непростой вопрос. По всей видимости, он определяется **движением заряженных частиц**, переносимых жидким веществом внутри планеты.

Вести с магнитных полей

Не приходилось ли вам задаваться вопросом: а через что передается действие одного магнита на другой? Как, например, Земля заставляет «чувствовать» свой магнетизм стрелку компаса? Что является посредником при передаче этого действия? Конечно, все эти вопросы можно было поставить и для электрических зарядов. Ведь они тоже влияют друг на друга на расстоянии.

Для ответа на подобные вопросы оказалась очень удобной идея поля. Ее начал разрабатывать английский ученый **Майкл Фарадей**. А продолжил — его выдающийся соотечественник **Джеймс Максвелл**. Благодаря его усилиям была создана стройная система представлений, в рамках которой нашло объяснение большинство электрических и магнитных явлений.

Джеймс Максвелл (1831–1879) — английский физик. Один из основателей кинетической теории газов, изучал их диффузию, теплопроводность и внутреннее трение. Самое главное научное достижение — создание

теории электромагнитного поля. Считал свет одним из видов электромагнитного излучения, что блестяще подтвердилось, теоретически рассчитал давление света. Оставил свой след во многих областях физики, сконструировал ряд важных приборов.

Поле невидимо, неслышимо и неосязаемо. Но его можно обнаружить с помощью вносимых в него зарядов и магнитов. Вот, скажем, к наэлектризованной расческе пытается притянуться бумажная ленточка. Можно сказать, что расческу окружает электрическое поле, образованное ее зарядами. Попадая в него, заряды на ленточке реагируют на его присутствие и начинают двигаться. Еще пример. Поворот стрелки компаса мы можем истолковать влиянием на нее магнитного поля Земли или поля поднесенного к ней железного гвоздя.

Электрическое и магнитное поля наиболее сильны вблизи заряженных или магнитных тел и ослабевают по мере удаления от них. Кстати, идея поля вполне применима к любым взаимодействующим телам. Притяжение планет к Солнцу, спутников к планетам и падение яблока на землю вполне можно описать, опираясь на представление о поле тяготения, или гравитационное поле.

Как «выглядят» поля?

Чтобы сделать понятие поля наглядным, ученым пришло в голову изображать его на картинках — в виде так называемых силовых линий. Там, где эти линии расположены гуще, например, у заряженных шариков или у полюсов магнитов, считают, что поле сильнее. А там, где расходятся друг от друга, поле слабеет. Эти картинки люди научились создавать, внося в электрические и магнитные поля крохотные железные опилки. Электризуясь или намагничиваясь, такие опилки, как на фотоснимке, «проявляли» картину силовых линий полей.

Скажем, насыпав опилочки вокруг длинного магнита, можно было разглядеть, как силовые линии «выходят» из одного его полюса, «расходятся» веером, «обтекают» его и вновь «собираются» у другого полюса. Интересно, что точно так же, как и опилки, вели бы себя вокруг магнита и маленькие компасные стрелочки. Они тоже «выдали» бы нам картину распределения магнитного поля в пространстве, выстроившись «в затылок» друг к другу вдоль силовых линий. И когда мы определяем направление на север с помощью компаса, мы словно обозначаем в данном месте, как направлено магнитное поле Земли.

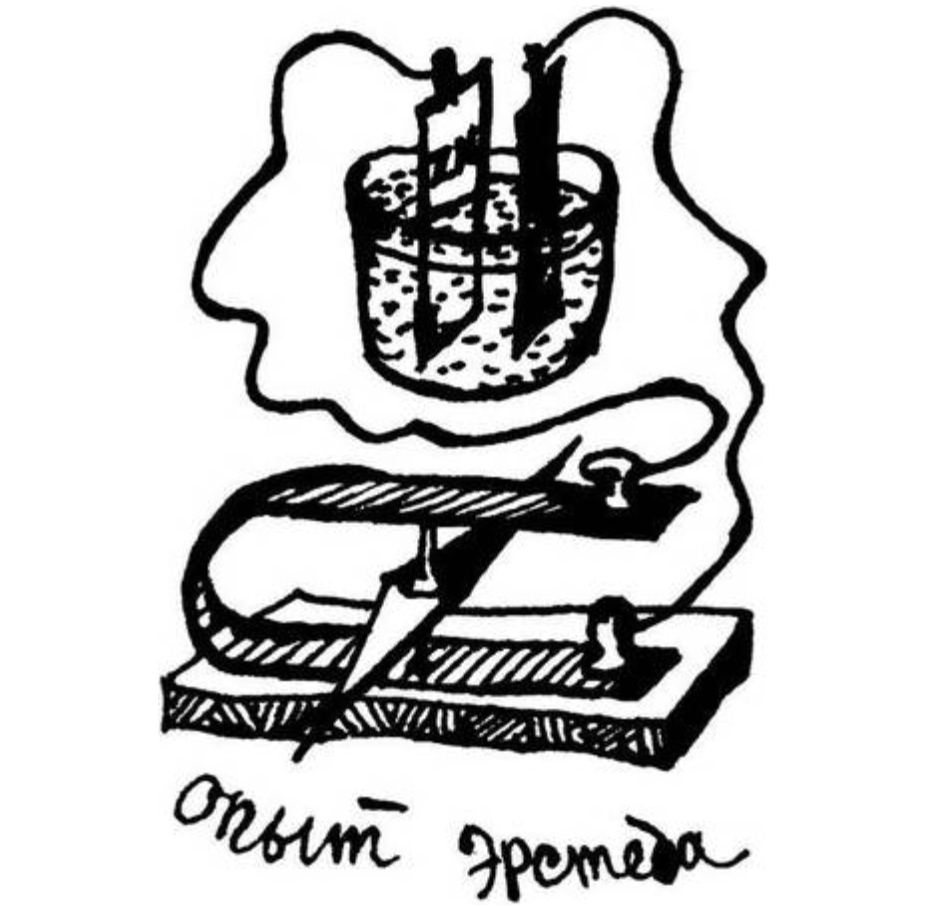
Благодаря такому методу удалось как бы воочию представить себе сложные конфигурации электрических и магнитных полей. Например, в приборах и экспериментальных установках физиков, вокруг Солнца и звезд, в ближайших окрестностях и вдалеке от

планет.

Поле… С катушек сошло

Возможность «нарисовать» магнитное поле позволяет натолкнуться на удивительный факт. Если длинную проволоку скрутить в виде спирали и пропустить по ней постоянный электрический ток, то вокруг такой «катушки» обнаруживается магнитное поле.

Поразительным же оказывается то, что это поле снаружи катушки выглядит точно так же, как и поле постоянного длинного магнита. Продемонстрировать это могут насыпанные вокруг обоих приборов железные опилки.



Поразмышляем над результатами опыта. Во-первых, электрический ток породил вокруг себя магнитное поле. Теперь мы можем связывать появление поля с движущимися заряженными частичками. Во-вторых, вид этого поля абсолютно

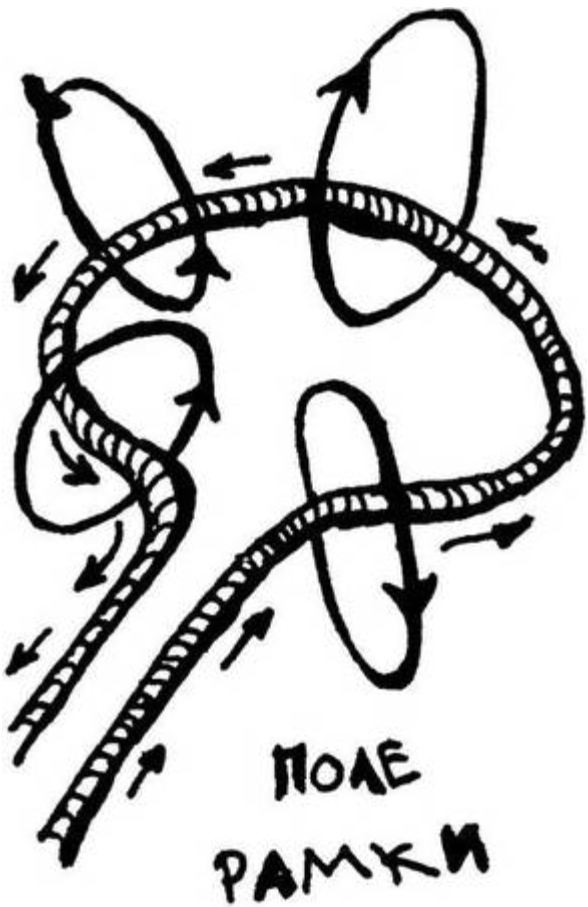
совпал с полем магнитных тел, известных за тысячелетия до того, как человек стал собирать электрические цепи и пропускать по ним токи. Значит, катушка с током — не что иное, как электромагнит.

Ханс Кристиан Эрстед (1777–1851) — датский физик. Обнаружил действие электрического тока на магнитную стрелку. Это открытие привело к появлению новой области физики — электромагнетизму. Построил первый термоэлемент. Занимался исследованиями свойств жидкостей и газов, акустическими опытами. Одним из первых высказал мысль о свете как об электромагнитном явлении.

Последствия наших размышлений, которые мы здесь провели вслед за известными учеными, поистине грандиозны. Именно они привели к той революции, что произошла в прошлом веке после блестящих открытий в области электромагнетизма. А началось все с небольшой брошюрки, написанной известным датским ученым Эрстедом. В ней он впервые сообщил о действии на магнитную стрелку тока, текущего по проволоке.

Без постоянных магнитов

Попробуйте провести такой опыт. Сделайте из толстой проволоки кольцо, а к его незамкнутым концам прикрутите длинные тонкие проводки в изолирующей оболочке. Эти проводки употребляют в телефонных кабелях. Если теперь свободные концы проводка подсоединить к полюсам электрической батареи, а кольцо подвесить за них так, чтобы оно могло вращаться, то мы заметим следующее. Поднося к кольцу, по которому течет электрический ток, магнит или стрелку компаса, мы заставим кольцо крутиться, а стрелку — поворачиваться. Ну прямо, как действие друг на друга двух обычных магнитов.



Немудрено, ведь теперь колечко — тоже магнит, хотя и электрический. С его помощью, как магнитной стрелкой, можно

обнаруживать и исследовать другие поля. Или наблюдать его взаимодействие с такими же колечками и катушками с током. То есть при изучении магнетизма можно вообще обойтись без постоянных магнитов, а работать только с токами.

Знаменитый французский физик **Андре Ампер** изучал взаимодействие электрических токов и вывел для него свой закон. Он также установил, что параллельные проводники с токами, текущими в одном направлении, притягиваются, а в противоположном — отталкиваются.

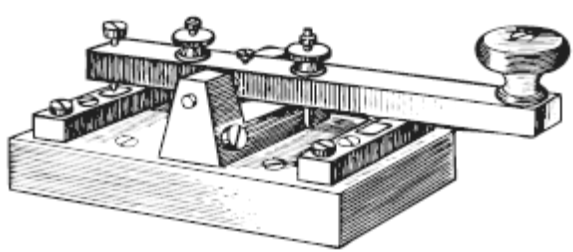
Появление магнитного поля вокруг проводников с током показалось Амперу настолько естественным, что он задумался о подобной же природе магнетизма у постоянных магнитов. Его гипотеза о том, что магнетизм, скажем, железного стержня порождается внутри него крохотными вихревыми токами, блестяще подтвердилась спустя много десятков лет.

Когда запищала «морзянка»?

Давно мечтал человек, чтобы какое-нибудь важное его сообщение было как можно быстрее доставлено адресату. Когда-то эту роль выполняли пешие гонцы, затем письменные послания передавали всадники. Появилась почта — целая система разветвленной связи, где скорость передачи сообщений определялась возможностями транспорта. Но мысль об ускорении этой связи не давала покоя.

Если вы читали роман Александра Дюма «Граф Монте-Кристо», то, возможно, обратили в нем внимание на механический телеграф. В чем-то по принципу своего действия он похож на передачу сигналов флажками с корабля на корабль. Это как разговор глухонемых. Такие способы действуют лишь в пределах прямой видимости. Как же передавать сигналы быстро и на большое расстояние?

Применение электромагнита произвело в средствах связи настоящую революцию. В тридцатых годах прошлого века был придуман первый **телеграфный аппарат**. Американский изобретатель **Сэмюэл Морзе** создал своеобразную азбуку, названную его именем. Теперь телеграфист, нажимая на ключ, замыкал и размыкал электрическую цепь, на конце которой приводился в действие электромагнит. К включенному магниту притягивался рычаг, своим концом ударяющий по движущейся бумажной ленте. В зависимости от длительности сигнала на ленте выстукивались короткие и длинные черточки-точки и тире. Комбинации этих знаков представляли собой буквы и знаки препинания. Значит, стало возможным передавать по проводам тексты с невероятно большой скоростью — с какой бежит по ним электрический сигнал — и на сколь угодно большие расстояния. Ну, на сколько проводов хватит.



Телеграфный ключ

Телеграфная связь, словно паутина, оплела всю Землю. Миллионы километров проводов были подвешены на столбах или проложены под землей, по дну рек и даже океанов — между континентами.

«У меня зазвонил телефон…»

А можно ли передать на расстояние голос? Давайте подумаем, ведь в телеграфном аппарате электрический сигнал возникает под давлением пальца на ключ. А нельзя ли давлением голоса производить такие замыкания или размыкания цепи? Чтобы реализовать эту идею, понадобилось пройти от изобретения телеграфа целым сорока годам.

Телефон, а именно так стал называться новый аппарат, в принципе представляет собой небольшой преобразователь энергии нашего голоса в электрическую и обратно. Когда мы говорим, вибрируют наши голосовые связки. Эта вибрация передается через воздух и улавливается металлическим диском-мембраной в микрофоне. Мембрана, колеблясь под влиянием голоса, давит на проводящий порошок под ней и меняет его электрическое сопротивление. Значит, в проводах, подключенных к порошку, электрический ток станет меняться в такт с колебаниями голоса. Если на конце линии установить электромагнит, то проходящий через него меняющийся ток заставит «пульсировать» в нем магнитное поле. Укрепленная рядом стальная мембранка так же «запляшет», подчиняясь магниту, и начнет издавать звуки, воспроизводящие наш голос.

Первая передача фразы, прозвучавшей по настоящему телефону, произошла почти 120 лет назад. Это удалось сделать американскому изобретателю **Александру Беллу**. Неузнаваемо изменился с тех пор вид телефонного аппарата и вся система телефонной связи. Согласитесь, что теперь без телефона просто невозможно представить нашу жизнь.

Как заговорило радио?

Электромагнитная волна — это передача сгусточков электрической и магнитной энергии через пространство. Она может распространяться в воздухе, в металле, а самое главное — в пустоте, в вакууме. И если ее испускать как бы порциями, импульсами, то большей, то меньшей величины, не выйдет ли так, что тем самым мы передадим информацию?

После обнаружения Генрихом Герцем таких волн прошло всего несколько лет, как их «впрягли» в работу по передаче сигналов. Русский ученый **Александр Степанович Попов** и итальянский радиотехник **Гульельмо Маркони** сумели изобрести устройство, способное излучать электромагнитные волны. Одного такого устройства было мало, нужен еще их приемник. Когда появились оба этих прибора, стало возможным волны «передавать». С 1895 года человечество пользуется этим величайшим изобретением — **радио**.

Александр Степанович Попов (1859–1906) —

российский физик и электротехник. Повторил опыты Герца по получению электромагнитных волн, создал приборы для передачи и приема их на расстояние, то есть радио. Обнаружил отражение волн от предметов, что было положено в основу радиолокации. Провел серию экспериментов по радиотелеграфии, в том числе для спасательных целей.

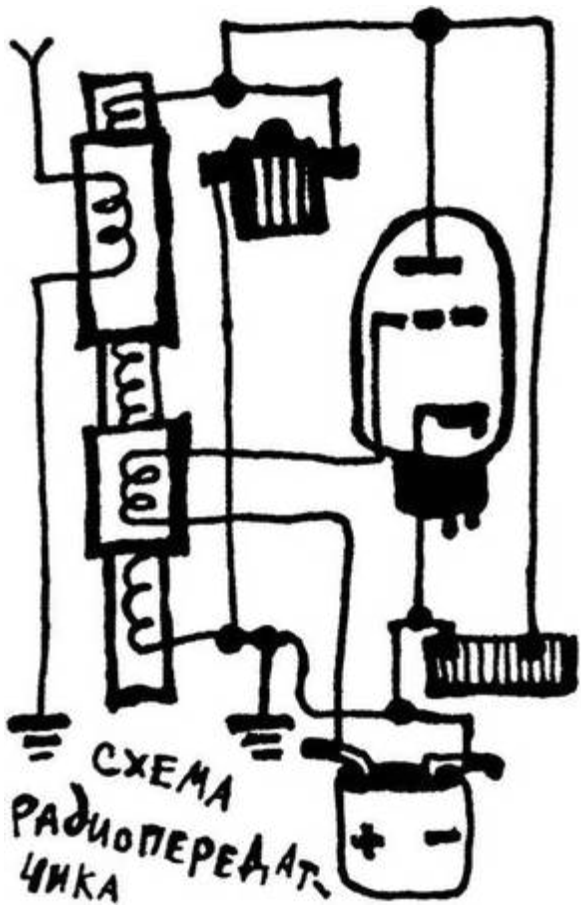
Гульельмо Маркони (1874–1937) — итальянский физик и инженер. Один из создателей радио. Разработал приборы беспроволочного телеграфа. Осуществил радиосвязь через Атлантический океан. Способствовал широкому распространению радио как средства связи.

Принцип действия излучателя состоит в том, что нужно заставить очень быстро «бегать» заряд на одном месте, то есть привести его в колебание. Такое движение заряда — условие испускания электромагнитной волны. Антенны радио- и телепередатчиков улучшают излучение волн. Вы же знаете, как высоко стараются их разместить, скажем, на такой башне, как останкинская.

Пройдя огромные расстояния, волна попадает на приемную антенну. Заряды в той начинают также колебаться, и дальше вся задача приемника состоит в том, чтобы эти сигналы расшифровать. Их, как в азбуке Морзе, можно перевести в звуковые колебания — и мы услышим музыку и речь. Их можно сделать видимыми — и мы станем смотреть телевизор.

Как настроить приемник?

Сейчас на нашей планете вещают тысячи радиостанций. Возможно, вы слышали, как иногда накладываются друг на друга их голоса в приемнике. Чтобы избавиться от неразберихи в эфире, каждой станции «выделяют» свою частоту. Это не что иное, как быстрота колебаний зарядов в испускающей антенне. Но ведь на нашу, приемную антенну приходят сразу все волны, со всеми частотами, от всех станций! Почему же мы все-таки не слышим одновременно дикой какофонии звуков всей этой разноязыкой многоголосицы?



«Поковырявшись» в радиоприемнике, в нем всегда можно обнаружить самую главную его часть. Это проволочная катушка и электрический конденсатор. Они образуют так называемый колебательный контур. Удивительно, что в нем могут

происходить колебания электрического заряда, тока и напряжения точь-в-точь так же, как шарика на пружинке, маятника часов или качелей.

Вот «подкручивая» катушку или конденсатор, мы можем менять частоту колебаний заряда в контуре. И лишь когда «внутренняя» частота совпадет с частотой прибежавшей к нам, например, из Америки, волны, приемник заговорит на языке этой радиостанции. Все другие голоса он в это время «не слышит», его «раскачивает» лишь одна волна.

В телевизоре внешне дело обстоит немного по-иному. Там мы вращаем переключатель либо нажимаем на кнопку с номером нужного нам канала. То есть настройка идет как бы скачками. Однако есть возможность и плавно, подобно радио, подстроиться под передающую станцию, чтобы качество изображения и звука было наилучшим.

Радиоприветы из космоса

Всю свою долгую историю человечество наблюдало за небом только глазами, даже если их чем-то и вооружало. И лишь открытие электромагнитных волн раздвинуло диапазон нашего восприятия космоса. Прежде всего люди научились улавливать идущие отовсюду на Землю радиосигналы. Уже в тридцатые годы этого столетия было открыто радиоизлучение нашей галактики. Возник целый раздел астрономии, изучающий небо с помощью невидимых лучей. Его так и назвали — **радиоастрономия**.

Вы, наверное, слышали о больших оптических телескопах. Их «глаза» стремятся раскрыть как можно шире, чтобы уловить слабое свечение далеких галактик и звезд. Если же считать, что радиотелескопы «подслушивают» жизнь Вселенной в диапазоне радиоволн, то их «уши» следует тоже «растопырить» пошире. Выяснилось, что можно создавать не только отдельные гигантские радиотелескопы, но и целые их системы. Тогда их нужно расставлять по большой территории, а то и размещать на разных континентах. Чем больше охватываемая ими площадь, тем чутче такое «радиоухо».

Чувствительность новых приборов оказалась настолько большой, что они уловили поразительные сигналы. Например, о бурных взрывных процессах в невидимых нами галактиках. Им удалось «поймать» излучение холодного межзвездного газа и необыкновенных образований — нейтронных звезд. Эти звезды состоят из мельчайших незаряженных частичек — нейтронов, сжатых вместе чудовищным давлением.

Радиоастрономия позволила открыть так называемое реликтовое излучение Вселенной. Оно донесло до нас сведения о состоянии вещества, каким оно было около 15 миллиардов лет назад.

Мир звука

Никто его не видывал,
А слышать — всякий слыхивал,
Без тела, а живет оно,
Без языка — кричит.

Н. А. Некрасов

«А-у!» — кричим мы, заблудившись в лесу. «Что надрываешься?» — отвечает нам эхо. Не может такого быть, скажете вы. А почему? Вот вам и первый вопрос о звуке.

А сколько их еще, таких вопросов! Можно ли переговариваться на Луне? Слышно ли под водой? А как передать звук по проводам? А как — без проводов? Какие звуки издают и слышат животные? Бывают ли неслышимые звуки? И вообще, что же это такое — звук?

Люди давно стали догадываться о том, как звуки рождаются, передаются и «умирают». Скажем, древнегреческий философ и ученый Аристотель довольно верно представлял себе природу звука. Необыкновенно искусны были мастера, изготавливавшие музыкальные инструменты, и музыканты, игравшие на них. А строители и архитекторы? Может быть, вам доводилось слушать орган в старинном соборе? Насколько же хорошо нужно было, порой вовсе не обладая научными знаниями, разбираться в источниках и проводниках звука!

Но вот когда встают задачи построить сверхзвуковой самолет или создать качественную звукозапись — без науки никуда.

Однако перед вами эти задачи, вероятно, встанут не скоро. Мир же обычных звуков окружает нас сейчас и со всех сторон. Да и сами мы, что греха таить, любим пошуметь.

Ну-ка, послушаем, как это делается…

Как создать звук?

Да очень просто — крикнуть, вот и все дела! Ну, конечно, можно еще чем-нибудь постучать, например, молотком по гвоздю или кулаком в дверь. Или гаечным ключом по батарее отопления — весь дом услышит. Ногами потопать, мячом похлопать. Проколоть иголкой воздушный шарик — вот громко лопнет! Посвистеть, в трубу подудеть. А еще вот учительницу вывести из себя — линейкой подребезжать. Минуточку…

На примере линейки можно буквально глазами увидеть, как рождается звук. Какое движение совершает линейка, когда мы закрепим один ее конец, оттянем другой и отпустим его? Мы заметим, что он будто бы затрепетал, заколебался. И если теперь мы внимательно переберем все перечисленные примеры, то всякий раз обнаружим: звук создается коротким или долгим колебанием каких-то предметов.

Жан Батист Био (1774–1862) — французский физик. Обнаружил двойной звук при ударе по железной трубке молотком, что позволило ему определить скорость звука в железе. Помимо акустических исследований, изучал оптическую активность веществ, где открыл ряд замечательных явлений. Один из авторов закона, определяющего магнитное поле тока.

Стукнули в дверь — она дернулась и послала в воздух глуховатый звук. Гаечный ключ заставил завибрировать трубы и батареи. А наш «веселый, звонкий мяч» сжимался и расправлялся под ударами руки и об пол. Когда же воздушный шарик «лопнул, хлопнул — вот и все!», то он послал по воздуху резкий скачок давления.

Теперь мы можем сказать, что колеблющиеся тела создают вокруг себя зоны разрежения и сжатия. Уплотнения воздуха разбегутся от источника во все стороны. А как обстоит дело, например, в воде? Да, в общем-то, похоже. Только вода плотнее воздуха и ее частички скорее передадут сжатие и разрежение своим соседкам. То есть звук побежит по воде быстрее. Нетрудно догадаться, что самую большую скорость звук будет иметь в

твердых телах, где все частички упакованы еще теснее. Скажем, в воздухе скорость звука немногим более 300 метров в секунду, в морской воде —1500, а в некоторых металлах она достигает нескольких тысяч метров в секунду.

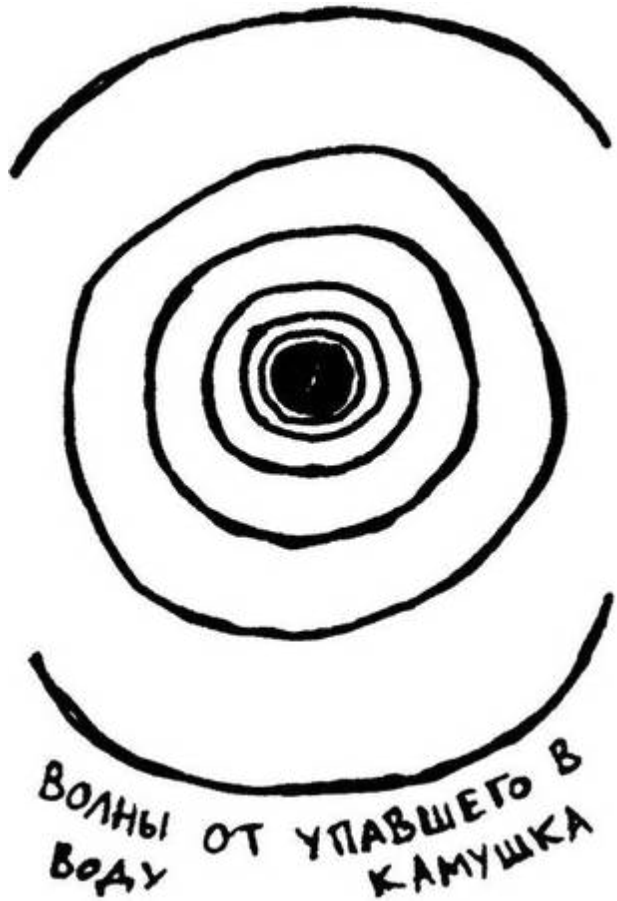
Источниками звука могут быть не только вибрирующие предметы. Свист пуль или снарядов в полете, завывание ветра, рев реактивного двигателя рождаются от разрывов в потоке воздуха, при которых также возникают его разрежения и сжатия.

Звук «выдают» волны

А можно ли увидеть, как звук «бежит»? В прозрачном воздухе или воде колебания частичек сами по себе незаметны. Но легко найдется пример, который подскажет, что происходит при **распространении звука**.

Опустите в воду поплавок. Это может быть даже бумажный кораблик, спичечный коробок или кусочек пенопласта. Если недалеко от него бросить в воду камушек, то из точки попадания кругами пойдут волны. Посмотрим на наш поплавок. Он будет колебаться вверх-вниз, показывая, как ведут себя частички воды на поверхности.

Итак, волна бежит, а передающие ее частицы «топчутся» на месте. Это — признак любого волнообразного движения. Быть может, вы видели, как на трибунах больших стадионов болельщики пускают по кругу «волну». Каждый из них лишь поднимается и вновь садится на свое место вслед за соседом, скажем, слева. И из таких попеременных приседаний образуется кружащаяся по трибунам волна. А ведь ни один из зрителей сам не бежал вокруг стадиона.



В зависимости от формы источника звука волны могут быть, например, плоскими или сферическими. Вот если завибрирует, к слову, в воде большой металлический лист, то волна пойдет в обе стороны от него, как бы повторяя и перенося в пространстве его плоскость. А если в воздухе стал бы пульсировать упругий мячик, то волна от него пошла бы по всем направлениям, повторяя его форму, но словно раздуваясь. Подобным манером расходится звуковая волна от места взрыва снаряда.

Таким образом, хотя звук и невидим, распространение его в виде волн очень хорошо изучено. Этим занимается обширный раздел физики, называемый **акустикой**.

То вдоль, то — поперек

Одинаково ли движутся частички, передающие звуковую волну? Для ответа на этот вопрос последим за колебанием источника звука. Вот, к примеру, гитарная струна. Вы дернули, ущипнули ее, и она затрепетала. Все ее частички начали совершать колебания в поперечном к струне направлении. Подхватят эти колебания и частички воздуха, то есть будут смещаться «туда-сюда». Но, заметьте, уже вдоль линии, по которой распространится волна.

Колебания струны в этом случае называются **поперечными**, а воздуха — **продольными**. Поперечные волны еще можно увидеть на поверхности воды. Но вот внутри как воздуха, так и воды, и вообще — внутри различных газов и жидкостей, возникать могут лишь продольные волны. В твердых же, кристаллических телах звуковые волны передаваться могут и поперечными и продольными колебаниями частиц.

Это связано с тем, что газы и жидкости легко откликаются на уплотнение и разрежение, но почти не замечают, когда их слои сдвигают друг относительно друга. А в кристаллах, где частички словно бы сплетены в огромную объемную сеть, сдвиг одной из

них, что вдоль, что поперек, тут же ощущается соседями.

Если сравнить звуковые волны с электромагнитными, то можно отметить серьезное отличие их друг от друга. Звуковые волны бывают двух сортов, а электромагнитные — только поперечные. Скажем, приемную антенну телевизора располагают поперек идущей к ней от станции волны. Лишь в этом случае дошедшая до антенны поперечная волна приведет в ней в движение электрические заряды и наилучшим образом передаст нам **телесигнал**.

Леонид Исаакович Мандельштам (1879–1944) — российский физик. Один из создателей нового направления — теории нелинейных колебаний. Обобщил понятие резонанса. Разработал новые системы радиотелеграфной и радиотелефонной связи, метод генерации электромагнитной энергии. Предложил теорию рассеяния света, немало плодотворных идей внес в квантовую теорию. Многое сделал для разъяснения теории относительности.

Чей слух острее?

Почему мы слышим? Представьте, что вы глубоко вдохнули, задержали дыхание и на минутку оказались на Луне. Услышим ли мы что-нибудь на ней? Рядом могли бы взлетать ракеты, падать метеориты, играл бы целый симфонический оркестр, а наши уши — ноль внимания.

Ответ на эту загадку, как говорят, лежит на поверхности. Поверхности… той же Луны. Вернее, в отсутствии на ней атмосферы. Нет воздуха, нечем звук передавать, и ушам воспринимать нечего. Значит, наше ухо реагирует на те толчки, которые доносит до него воздушная среда.

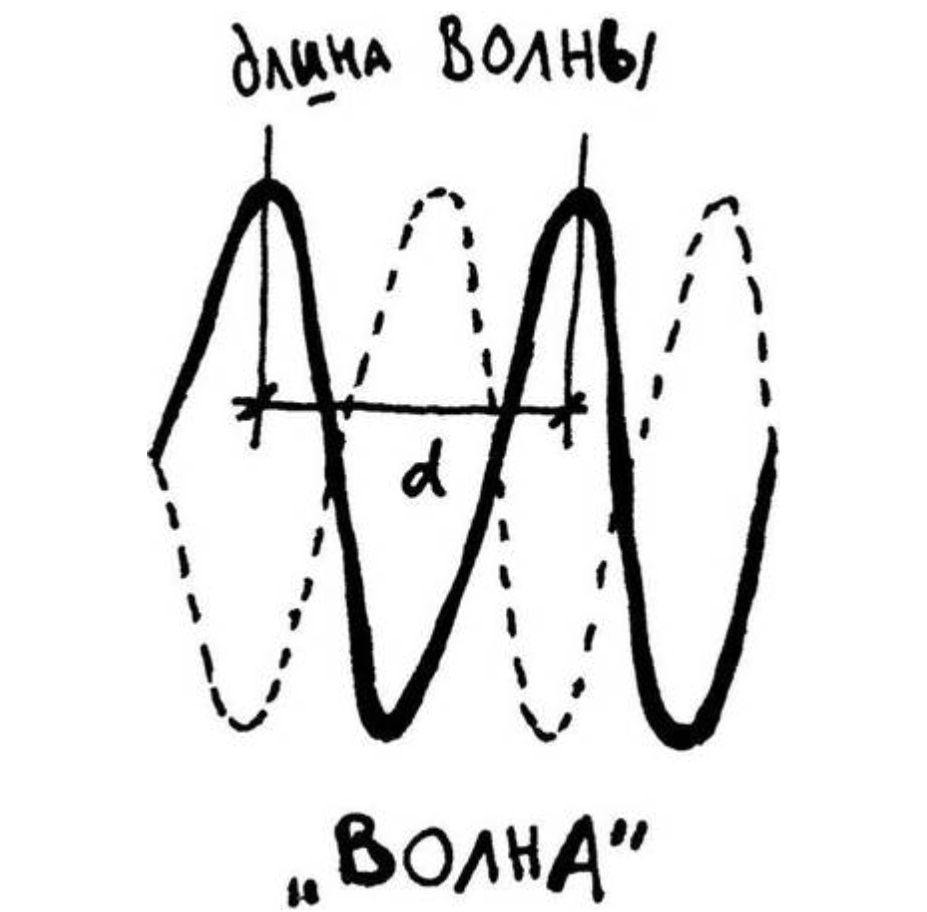
А в воде? Да то же самое, иначе мы ничего не слышали бы под водой. И в твердых телах похожая картина. Например, если мы приложим ухо к рельсу на железной дороге, то расслышим перестук колес далеко идущего поезда. А как давным-давно узнавали о приближении конного всадника? Да, именно прикладывали ухо к земле.

Конечно, звук при распространении затухает. Гром от молнии, ударившей поблизости, может оглушить. Его же раскаты, доносящиеся от грозы, сверкающей на горизонте, еле слышны. И тем не менее наш слух весьма чувствителен. Достаточно совсем небольших перепадов давления воздуха, доставляемых звуковой волной, чтобы барабанная перепонка внутри уха пришла в колебание и просигнализировала бы нашему мозгу о «приеме» звука.

Безусловно, слух некоторых животных намного острее, чем у человека. Вы, разумеется, не раз замечали, как кошка «навострила» уши, уловив царапание мыши, когда нам не слышно абсолютно ничего.

Что такое звуковой диапазон?

А могут ли быть звуки, которые не услышит и кошка? Да, такие звуки существуют. Когда выяснилось, что звук представляет собой волновое явление, его стали описывать с помощью двух понятий — **длины волны** и **частоты**. Смотря на речные или морские волны, вы обращали внимание на их различный вид. У одних расстояние между гребнями или впадинами — большое, а у мелкой ряби — маленькое. Мы и говорим: **длинная волна** или **короткая волна**.



А теперь взглянем на поплавок у берега, на который набегают эти волны. Если они крупные, с большой «длиной волны», поплавок ходит вверх-вниз медленно, редко. А бегущая рябь заставляет его буквально трястись на месте, то есть колебаться быстро, часто. Ну-ка, сосредоточьте свое внимание: большая

длина волны — **частота низкая**, а короткая волна — **частота высокая**.

Эта удивительная особенность присуща всем волновым процессам. Но вернемся к звуку. С увеличением длины волны он становится «толще», ниже, еще говорят: низкочастотный звук. Когда же частота колебаний возрастает, то длина волны уменьшается, а звук воспринимается как более тонкий, высокий.

Таким образом, частота **колебаний** — одна из самых важных характеристик звука. Измеряют ее в герцах. Эта единица, названная в честь немецкого физика, показывает, сколько колебаний совершается в секунду. Так вот, у каждого живого существа есть свой диапазон, свои границы испускаемых и воспринимаемых звуков. У человека диапазон слышимости простирается примерно от 16 до 20 000 герц.

Инфразвук — предвестник беды

Можно ли назвать звуком то, что мы совсем не слышим? Ну и что, если не слышим мы? Разве эти звуки недоступны больше никому или ничему?

Скажем, звуки с частотой ниже 16 герц называют **инфразвуком**. И хотя наши уши такие колебания не «улавливают», но каким-то образом человек все-таки их воспринимает. При этом у нас возникают неприятные, а порой тревожные ощущения.

Давно было замечено, что некоторые животные намного раньше человека испытывают чувство опасности. Они заранее реагируют на далекий ураган или надвигающееся землетрясение. С другой стороны, ученые обнаружили, что при катастрофических событиях в природе возникает инфразвук — низкочастотные колебания воздуха. Это и породило гипотезу о том, что животные благодаря острому чутью воспринимают такие сигналы раньше, чем человек.

К сожалению, инфразвук создается многими машинами и промышленными установками. Если, скажем, он возникает в автомобиле или самолете, то через какое-то время летчиков или водителей охватывает беспокойство, они быстрее утомляются, а это может быть причиной аварии.

Шумят в инфразвуковом диапазоне вращающиеся детали некоторых станков, и тогда тяжелее работать на них. Да и всем, кто вокруг, придется несладко. Ничуть не лучше, если «гудит» инфразвуком вентиляция в жилом доме. Вроде бы не слышно, а люди раздражаются и даже могут заболеть. Избавиться от инфразвуковых невзгод позволяет специальный «тест», который должно пройти любое устройство. Если оно «фонит» в зоне инфразвука, то пропуска к людям не получит.

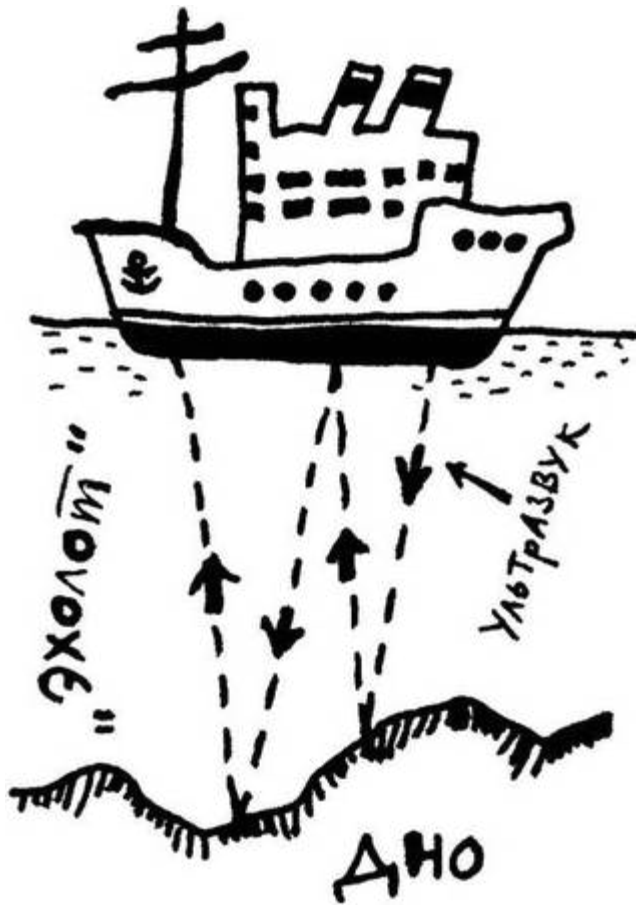
Ультразвук «щупает» дно

А как называется очень высокий звук? Такой вот писк, который для нашего уха недоступен? Это — **ультразвук**, колебания с частотой выше 20 000 герц.

Человек к ультразвуку ну совершенно глух. Однако многие животные свободно его воспринимают. Это, в том числе, так хорошо знакомые нам собаки. Но «лаять» ультразвуком собаки, увы, не могут. А вот летучие мыши и дельфины обладают удивительной способностью и испускать и принимать ультразвук.

Поль Ланжевен (1872–1946) — французский физик. Разработал методы получения ультразвуковых волн при помощи пьезокварца. Первым применил этот метод в подводной сигнализации и ультраакустическом эхолоте. Значительный вклад внес в теорию магнетизма, электродинамику. Активно участвовал в развитии квантовой механики и теории относительности.

Летучая мышь выглядит довольно неприятно. Не украшают ее и огромные, по сравнению с телом, уши. А необходимы они ей для улавливания звука, который она сама же издает. Несущийся с такой же, как и обычный звук, скоростью — более 300 метров в секунду, — ультразвук за мгновение успевает дойти до препятствия и вернуться, как эхо, обратно к мыши. Так она «прощупывает» этими сигналами пространство вокруг себя — словно прожектором светит в темноте и видит отраженный от предметов свет.



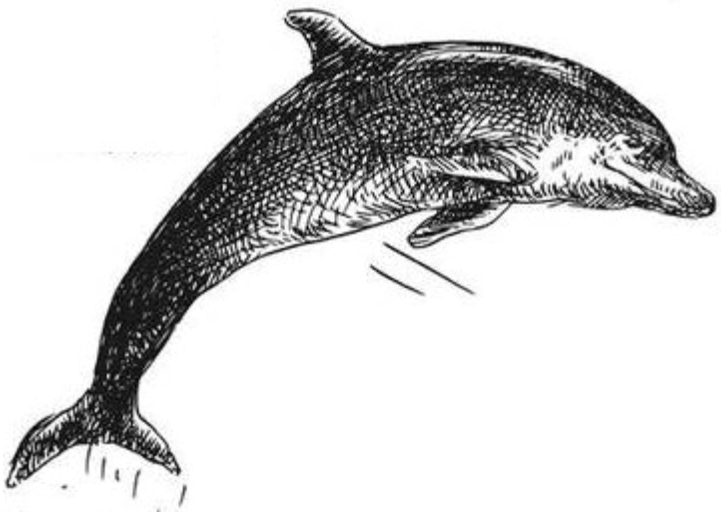
Разве не похожа «работа» летучей мыши на действие радиолокатора? Вопрос не праздный, ведь сегодня люди научились делать искусственную «летучую мышь».

Это эхолот, или ультразвуковой гидролокатор. Посылая с днища корабля сигналы в толщу воды, такой прибор может «прощупать» морское или океанское дно. Все неровности будут замечены, и отраженный сигнал сообщит о них приемнику на корабле.

Ультразвуковую информацию непрерывно преобразуют. И она предстает в виде линии на бумажной ленте, вычерчивающей контур дна прямо в капитанской рубке.

Как говорят дельфины?

Можно ли говорить под водой? Нам, конечно, это не удастся — мы не привыкли к тому, что рот и нос заполнены водой. Дышать-то невозможно. А вот дельфины вполне могут обмениваться между собой сигналами, несущими необходимую им информацию. При этом они используют как обычный, так и ультразвук.



Дело в том, что для обнаружения препятствия нужны высокочастотные колебания. Они хорошо отражаются от различных предметов и возвращаются к приемнику. Так, летучая мышь, испуская ультразвук с частотой 30 000 герц, создает колебания с очень маленькой, короче сантиметра, длиной волны. Для такого звука уже и мошка будет заметным препятствием и отразит сигнал. Обычные же, «слышимые» волны имеют длину около одного метра. Такая волна мошки «не заметит» и распространится дальше.

Вот и дельфины для связи между собой пользуются низкочастотными или длинноволновыми звуками. Те, легко огибая препятствия, могут разойтись довольно далеко и быть услышаны. А для определения расстояний, например, до прибрежной скалы, стаи рыб или сородича, дельфин испускает высокочастотный ультразвук и действует в этом случае как гидролокатор.

Особенность ультразвука заключается еще и в том, что его легче, чем обычный звук, сфокусировать. Вы, может быть, замечали, как усиливается звук, когда пользуются рупором. Так и ультразвук можно сделать мощнее, если «собирать» его в узкий лучик, как свет от прожектора или карманного фонарика.

Ультразвуки — мастера на все руки

Где пригодился человеку ультразвук? Возможность его «сгущения», концентрации позволяет достичь такой мощности, что он сможет проделать отверстие даже в металле. Это так называемое ультразвуковое сверло. Вызывая в различных предметах высокочастотную вибрацию, он может очистить их от загрязнений. Ультразвук способен даже «соскоблить» ржавчину с металла или тонким и ровным слоем, лучше любой кисти, нанести на поверхность краску.

Попробуйте смешать две жидкости, которые не смачивают друг друга, например, масло с водой. Можно, разумеется, встряхивать сосуд с ними руками. Так готовят в шейкере коктейли — вы, наверное, видели, как это делают бармены. Ну, миксер можно включить. Но ничто не выполнит эту задачу лучше, чем ультразвук. Он быстро раздробит жидкости на мельчайшие капельки и перемешает их.

Ультразвук, как выяснилось, обрабатывая растворы, уничтожает в них микробов. Не могут они, бедные, вынести таких вибраций. Это хорошая подмога медикам — дезинфицировать воду без каких-либо химических добавок и без кипячения.

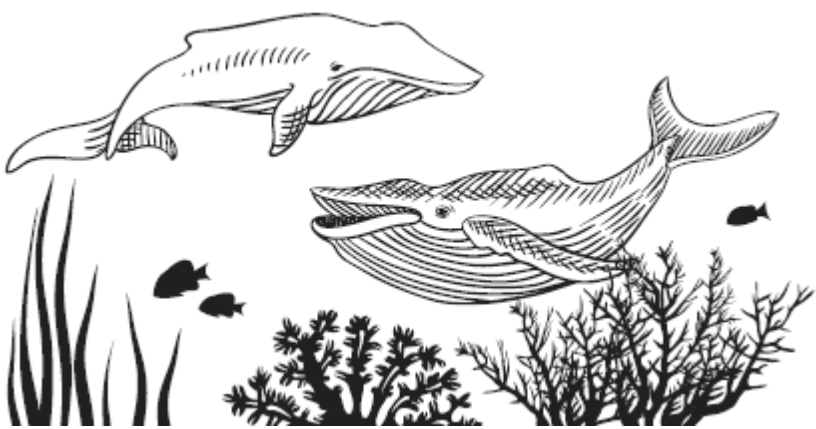
Нашел свое место ультразвук в терапии и диагностике. Отличных результатов добиваются, применяя ультразвуковой массаж. Не столь давно у врачей появилось мощное средство исследования внутренних органов — УЗИ. Подбирая частоту излучателя, направляя его с разных сторон на наш организм, можно будто высветить и разглядеть почки, печень, желчный пузырь и другие органы, «не залезая» внутрь. Эти ультразвуковые картины стали сейчас не меньшими помощниками врачей, чем рентгеновские снимки.

«Ау, кашалот, откликнись!»

Молчат ли морские глубины? Конечно, если вы ныряли в реке, когда не очень далеко движется теплоход или моторная лодка, звук их двигателей отчетливо слышен. А вот ныряя в море, в тихой бухте, вы замечали — словно уши заложило ватой. Подводное безмолвие… Не обманчиво ли оно?

Наше ухо все-таки не слишком приспособлено к тому, чтобы хорошо слышать под водой. Однако с помощью приборов, называемых гидрофонами, океанологи уловили невероятно разноголосый шум, царящий под водой. Можно различить и звуки отдаленного шторма, и «болтовню» рыбок, и щелкание клешнями креветок.

Недавно в морской пучине обнаружили интересное явление. Во всех океанах на глубине в несколько сот метров расположен звукопроводящий слой. Это что-то вроде переговорной трубки, внутри которой звук, отражаясь от стенок, может распространяться довольно далеко, не очень затухая. Но от чего отражается звук в воде?



Вода на разных глубинах обладает различной **плотностью**. Вот эти перепады плотности и создают для звука невидимую отражающую стенку. Попав в звукопроводящий слой, или волновод, можно услышать голоса, идущие буквально с другого конца света, то бишь океана. Вероятно, люди научатся использовать этот слой, чтобы слышать гул от далеких подводных землетрясений, то есть заранее получать сведения о приближении цунами.

Есть предположение, что этим слоем давно пользуются…

киты. Действительно, как могут они находить друг друга за тысячи километров? Возможно, умея нырять на большую глубину, они «переговариваются» и сообщают сородичам о своем положении по океанскому волноводу.

Как войти в резонанс?

В фильмах о выдающихся певцах был популярен такой эпизод. Набрав полные легкие воздуха, артист выдавал такую громкую ноту, что начинала звенеть посуда или стеклянная люстра. Отчего же голосом можно заставить звучать какие-то предметы на расстоянии?

Когда этот вопрос заинтересовал ученых, они выяснили, что энергия, переносимая обычным звуком, весьма мала. Тем не менее, как показывают опыты, даже негромкий звук может «включить» и другие его источники. Наверняка вы видели камертон — такую металлическую рогатку. Им пользуются настройщики музыкальных инструментов. Каждый из них сделан так, что может колебаться со строго определенной частотой. И если сильно ударить по всем клавишам рояля, то какая-нибудь из струн заставит звучать и отдельно стоящий камертон.

Еще пример. Два одинаковых (с одной частотой) камертона также будут передавать один другому звуковую энергию. Почему же так происходит? Вспомним, как легкими толчками мы можем заметно раскачать качели. Или как усиливает звучание приемник, настроенный на определенную волну. Это — случаи механического и электрического резонанса. Мы же сейчас имеем дело с резонансом звуковым, акустическим.

Все эти примеры объединяет одно — энергия к качелям, к приемнику, к камертону передается небольшими порциями, но так, что словно подхлестывает колеблющуюся систему. Еще

говорят — колеблются в фазе. Можно сказать и так: своя собственная, внутренняя частота того же камертона, с которой он сам «хотел» бы колебаться, совпадает с внешней частотой, с какой пришла к нему звуковая волна. Или еще: вошли в резонанс.

Эрнст Хладни (1756–1827) — немецкий физик. Основоположник экспериментальной акустики. Открыл продольные колебания струн, стержней, пластин, камертонов, колоколов. Описал «акустические фигуры», возникающие на колеблющейся пластине, посыпанной песком. Первым провел точные измерения скорости звука в различных газах, доказал, что в твердых телах звук распространяется с конечной скоростью. Объяснил эхо, на опыте определил верхний порог слышимости звука. Изобретал музыкальные инструменты.

Тогда ясно, почему иногда неожиданно начинают вибрировать или дребезжать какие-либо предметы. Их привел в колебание донесшийся откуда-то звук, вызвавший резонанс. Это и произошло в случае с певцом.

Как «законсервировать» звук?

А как записывается, скажем, наш голос? Это ведь тоже одно из самых давних желаний человека — сохранить звук. Как, к примеру, звучал голос Цицерона? Как пели наши далекие предки? Увы, записывать и воспроизводить звук люди научились не столь давно.

Первый **фонограф** — прибор, служащий именно для этой цели, — был изобретен **Томасом Эдисоном** в 1877 году.

Томас Эдисон (1847–1931) — американский изобретатель. Запатентовал более 1000 изобретений. Придумал фонограф — прибор, записывающий и воспроизводящий звук. Усовершенствовал телефон, устранив в звучании голоса посторонние шумы, что позволило удлинить телефонную связь. Впервые построил «электричку», сверхмощные электрогенераторы, запустил тепловую электростанцию, изобрел аккумуляторы, железнодорожный тормоз,

систему электрического освещения и многое-многое другое.

Представлял он собой валик, на который колеблющейся в такт со звуком иглой наносилась бороздка. Можете себе представить, каким по качеству был этот звук? Однако именно благодаря фонографу сохранился для потомков голос Льва Толстого.

Затем придумали **граммофон**, в переносном варианте его называли патефоном. Поначалу это были довольно громоздкие аппараты с большим рупором и ручкой, которой его «заводили», будто часы. Главное — на нем можно было проигрывать пластинки. Звуковая дорожка наносится иглой на пластинку по спирали. А материалом для пластинок служат пластмассы.

Вид пластинки сохранился до сих пор, а вот граммофоны лет 40 назад стали вытесняться электропроигрывателями, где роль механического завода взял на себя электромотор, а рупора — динамик.

Не успели распространиться эти устройства, как их стал теснить магнитофон. На пленку, прокручиваемую в нем, заносилась информация в виде пульсаций магнитного поля, идущих в такт со звуковыми колебаниями. Особенность такой записи заключалась в том, что ее «запоминали» магнитные частички в пленке. Их можно было не только упорядочить в соответствии со звуком, но и размагнитить — то есть стереть информацию.

Ныне для записи и хранения звука используют и свет. Вы, конечно же, слышали о лазерных дисках. Звуковая информация,

переложенная на язык света, так нежно и аккуратно наносится и считывается с дисков лазером, что может воспроизводиться бессчетное количество раз.

Игры с небесной хлопушкой

Что за взрывы раздаются порой наверху? Взрослые вам пояснят, что это реактивный самолет перешел **«звуковой барьер»**. И правда, в это время можно иногда заметить высоко-высоко в небе белый след самолета с маленькой точкой в начале. Но неужели самолету действительно приходится через что-то там перепрыгивать, как спортсмену в барьерном беге?

Разумеется, никаких барьеров в небе нет. Но самолету и впрямь необходимо преодолеть препятствие. Возникает оно в тех случаях, когда он движется со скоростью, приближающейся к скорости звука в воздухе. На высоте в 11 километров она равна 1000 километров в час. Получается, что звук, испускаемый двигателем самолета, не успевает «отбежать» от него. Уплотнения воздуха как бы накладываются друг на друга, самолет словно спрессовывает их.

Развив скорость больше скорости звука, самолет будто прорывает, прокалывает этот скачок уплотнения. Образуется так называемая ударная волна, бьющая по корпусу самолета. А до нас эта волна доходит в виде хлопка от громкого взрыва.

Ученые и конструкторы изучили особенности прохождения через «звуковой барьер». Они смогли рассчитать необходимый запас прочности для самолета и нужную для него в этих случаях форму. Сейчас скорость, достигающая величины в 3 раза большей скорости звука, доступна серийным самолетам. Однако авиация уже стоит на пороге создания самолетов, летящих быстрее звука раз в 10. Это — область **гиперзвуковых скоростей**.

Мир света

Что самое первое, с чем сталкивается только что родившийся человек? Конечно, на него навалилась масса новых впечатлений — и холодно ему стало, и шумно вокруг, и запахло чем-то. Но, может быть, самое главное — это хлынувший в глаза поток света, который сразу заставляет его жмуриться.

Всю свою дальнейшую жизнь человек будет ориентироваться в пространстве, воспринимать мир, будто ощупывая его глазами, то есть — улавливая отовсюду свет. Заметьте, как заботливо наш язык отразил все, что связано со зрением: «береги, как зеницу ока», «не в бровь, а в глаз», «видит око, да зуб неймет», «искры из глаз посыпались», «свет очей моих»…

Последнее выражение, кстати, говорит о том, что в свое время люди представляли свет исходящим из глаз, словно щупальца. Однако теперь наши знания о свете стали не только чуть более верными, но и такими необозримыми, что составляют не одну, а несколько наук.

Объединяет их одно название — оптика. В ней можно получить ответы на тысячи вопросов — о том, как видит глаз, как устроен фотоаппарат, как работают микроскопы и телескопы, как светят звезды и планеты, как, куда и зачем бежит сам свет.

А для начала давайте поглядим вокруг себя и всмотримся хотя бы в собственную тень…

Какова стрелка у солнечных часов?

Можно ли загородиться от солнечного света? Конечно, — нет ничего проще. Например, прикрыть глаза ладошкой или раскрыть зонтик над головой. А что мы делаем с вами в этих случаях? Между Солнцем и нашим глазом мы ставим препятствие. И тогда солнечные лучики либо отражаются от него, либо поглощаются им и в наш глаз не попадают.

Значит, свет бежит к нам от Солнца по прямой линии? Выходит, так, и это легко проверить, скажем, в таком опыте. Давайте определим, насколько высоко Солнце поднялось над горизонтом. Поставим для этого на ровной асфальтовой или земляной площадке вертикальную палочку — ну, например, линейку или кусок металлической трубы. В ясный день Солнце заставит нашу палочку отбросить тень. Понятно, что чем выше Солнце, тем тень у палочки короче. Этот, пусть очень простой, прибор весьма строго указывает на высоту Солнца, и даже позволяет провести довольно точные расчеты.

Кстати, вы, наверное, догадались, на что еще похож наш прибор. Ведь тень от палочки меняет не только свою длину, но и направление. Поэтому в течение светового дня мы можем отметить различное положение тени и связать это со временем суток. Вот вам и солнечные часы.

Закрыли Солнце тучи, затянуло небо облаками. Будут ли теперь работать наши часы? Конечно, тень от палочки размывается, а в совсем пасмурный день будто исчезает. Такое

можно наблюдать вечерами на открытых стадионах, когда игра на поле идет при искусственном освещении. Прожекторы светят на спортсменов со всех сторон, и их тени как бы скрадываются.

Теперь мы можем сказать, что действие нашего прибора объясняется **прямолинейным распространением света**. А чтобы он давал четкие показания, как и солнечные часы, нужно, чтобы свет падал только с одной стороны.

«Неча на зеркало пенять…»

Читали ли вы фантастический роман Алексея Толстого «Гиперболоид инженера Гарина»? В нем шла речь о зеркальном устройстве, способном концентрировать **световые лучи** и направлять их мощным пучком так, что он мог прожечь металл. К сожалению, со временем выяснилось, что если бы такой прибор был построен, он не производил бы подобного эффекта. В замысел писателя вкралась физическая ошибка.

Однако свойство изогнутых зеркал концентрировать, фокусировать, пусть не до такой степени, световые лучи, широко используется. Например, если из сферического зеркала изготовить так называемую солнечную печь, то она, собирая лучи, сможет ими нагревать вещества до высокой температуры, скажем, кипятить воду. А **телескоп**? Разве он не собирает с большой площади своего глаза-объектива «урожай» световых лучей от далекой-далекой звезды? Фокусируя их с помощью вогнутого зеркала, он усиливает светимость звезды и позволяет нам ее разглядеть.

Или, наоборот, если в фокусе подобного зеркала разместить источник света, к примеру, свечу или лампочку, то их лучи, отразившись от зеркала, выйдут из него ровным и мощным пучком. Ну-ка, вспомните, где это применяется? Верно, в карманных фонариках, в прожекторах электричек и стадионов, на маяках, в фарах автомобилей.

А если направить лучи не на вогнутую, а на выпуклую сторону зеркала? Легко догадаться, что тогда лучи будут не

собираться вместе, а, напротив, рассеиваться. Какой при этом получается эффект, вы можете обнаружить, если посмотритесь в блестящий выпуклый бок самовара или в зеркальный новогодний шарик.

Выпуклые зеркала, используемые водителями, позволяют расширить, как говорят, сектор обзора — в них видно больше предметов. А, может, вам попадались такие зеркала на перронах станций метро у головного вагона?

Как увидеть дно реки… над головой?

Не замечали ли вы одно занятное явление? Осень, с деревьев опала листва. Прошел дождь, сгустились сумерки, зажглись уличные фонари. И вот если вы посмотрите на какой-нибудь из них сквозь дерево с мокрыми голыми ветками, то увидите интересную картину. Фонарь словно окружен светящимися ломаными кольцами.

Еще одно наблюдение. В лунную ночь на тихой глади реки или озера мы увидим отражение нашей спутницы, похожее на пятно — как в плоском зеркале. Но если по воде побежит рябь или начнется волнение, то отражение Луны растянется в длинную световую дорожку. Отчего это происходит?

Два разных случая имеют одно объяснение. И мокрые ветки, и скаты волн представляют собой не что иное, как **изогнутые зеркала**. Обязательно на них найдутся такие места, где луч от источника света, отразившись, попадет нам в глаза. Вот и получается, что каждая веточка и каждый горб волны будто наводят на нас световой «зайчик». Но веток и волн много, «зайчиков» — тоже, они и выстраиваются то кругами, то дорожками.

Почему блестят воздушные пузыри под водой? Это — тоже отражение света, только теперь падающего на пузырь со стороны воды. Вспомните, может быть, когда вы ныряли в реке или бассейне, вам приходилось видеть, глядя на поверхность воды снизу, отраженное в ней дно. Это такой же случай, как и с

пузырем. Лучик света, идя из воды, не может вырваться в воздух и отражается обратно в воду. Такое явление называется **полным внутренним отражением**.

Отчего рассеивается свет?

Почему поверхности одних предметов отражают свет хорошо, а других — так себе? Почему одни выглядят зеркальными, а иные — матовыми? Наверное, дело заключается в том, насколько хорошо эти поверхности **отполированы**.

Действительно, посмотрите внимательно на устройство самого обычного зеркала. Ведь это не что иное, как плоское стекло, покрытое с одной стороны ровной, будто отшлифованной металлической пленкой. Благодаря стеклу, эта поверхность металла может долго сохраняться плоской и отлично выполнять роль, как говорят, **прямого зеркала**.

А теперь взглянем на плоскость фанерной двери, окрашенной белой краской. Поверхность двери, конечно же, кажется нам светлой, но согласитесь, что никакого зеркального эффекта нет.

Всмотревшись, а еще лучше поводив пальцем по поверхности фанеры, мы убедимся в ее шероховатости. Значит, падающий на нее свет, разумеется, частично отражается, но — как попало, в разные стороны. Иными словами, **свет рассеивается**.

Так рассеивают солнечный свет облака, особенно в пасмурную погоду, так рассеивает свет лампы, «смягчая» его, матовый шар. Но почему мы сказали — частично отражается? А надо не забыть о том, что свет может и поглощаться. Для примера скажем о том, что хорошее зеркало даже в ясный жаркий день не нагреется, отразив почти все солнечные лучи. А белая ткань, несмотря на то, что рассеет, отразит в разные стороны многие из падающих на нее лучей, часть из них все же поглотит и немного нагреется. А уж про темную ткань и говорить не приходится.

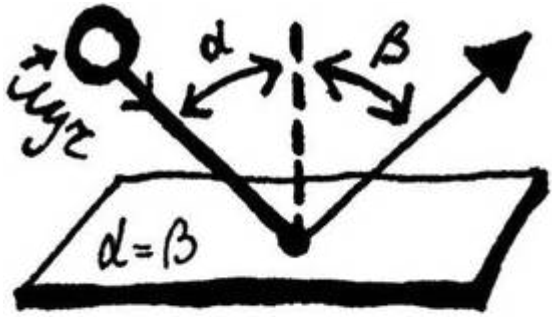
Почему «всплывает» монетка?

Разве вам не казалось, что ложка, опущенная в стакан с водой, будто бы переломилась? «Ломаются» и шест, воткнутый в дно реки или озера, и даже наши руки, опущенные в ванну с водой.

Еще один интересный опыт. Положите на дно пустой фарфоровой чашки или эмалированной кружки монетку. Поставьте чашку на стол и сядьте так, чтобы край чашки скрывал монетку от вас. Теперь тихонько подливайте в чашку воду. В какой-то момент монетка начнет «всплывать». Заполнив же чашку водой, вы сможете увидеть ее целиком.

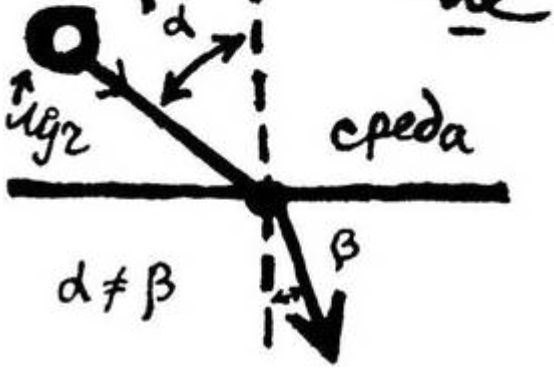
Какова же разгадка этих «фокусов»? Дело, видимо, в том, что лучики, отраженные монеткой, при переходе из воды в воздух преломляются. И, попадая в глаз, создают впечатление, что монетка находится выше, чем на самом деле.

Но давайте подумаем: а если лучи побегут обратно, из воздуха в воду, разве они не пойдут по тому же самому пути? Опыт показывает — да, пойдут. Значит, лучик, падающий из воздуха в воду или стекло, преломится в одну сторону. А вновь выходя в воздух, как в оконном стекле, преломится, на столько же выправив свою траекторию, в другую. Поэтому-то он и пойдет в прежнем направлении.



Отражение

Преломление



Случай с кажущимся подъемом предметов в воде и действием плоских прозрачных пластинок объясняется с помощью закона преломления света. Он связывает между собой углы, под которыми лучи света падают на границу прозрачных тел, с углами, под которыми они преломляются.

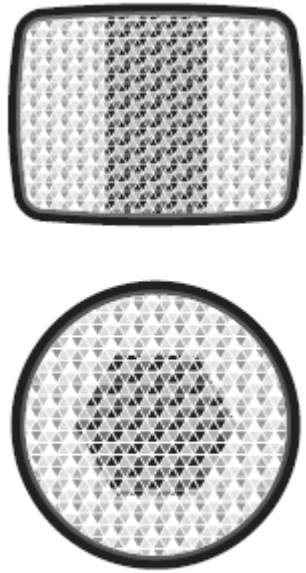
Как лучик можно повернуть?

Лучше всего преломление света можно наблюдать в так называемой **призме**. Это уже не плоская пластинка из прозрачного вещества, а сделанная в виде клина.

Посмотрите сбоку на острие топора. Вы заметите, что оно имеет клинообразную форму треугольника. Такую же форму будет иметь в сечении, скажем, стеклянная призма. Луч, падающий на одну из ее граней, преломится затем дважды — на входе в стекло и на выходе. Видно, что выходящий луч отклонится от начального направления в сторону третьей грани или, как еще говорят, в сторону основания призмы.

Закон преломления света позволяет точно рассчитать поведение луча в самых разных призмах. Лучи могут отразиться от внутренней поверхности стекла и повернуть назад, поменяться местами или отклониться на какой-то нужный нам угол. Выяснилось, что одни прозрачные вещества преломляют свет сильнее, другие — слабее. Это также учитывается при конструировании оптических приборов с применением призм.

Например, можно построить **перископ** не с помощью зеркал, а используя призмы. А как вы думаете, что находится внутри полевого бинокля? Ведь глядя через него, мы как бы расставляем глаза. И чтобы лучи света попали в конце концов в них, им внутри бинокля приходится бежать по ломаной линии. А меняют их направление опять же призмы.



Катафот

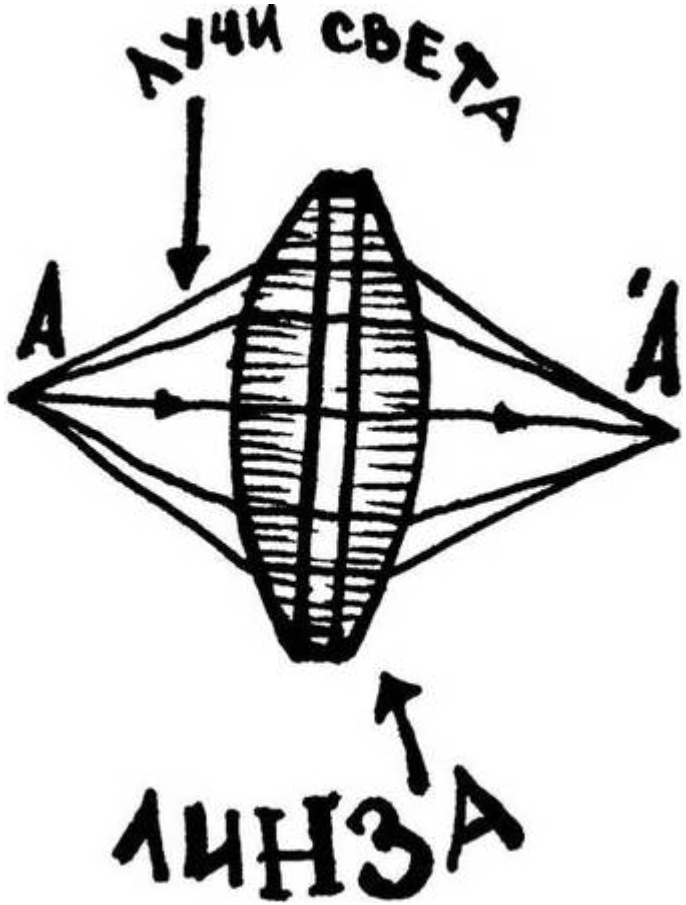
Вот еще хорошо знакомый вам пример — **катафот**, или уголковый отражатель. Его укрепляют сзади на велосипедах или на спицах колеса. Рассмотрите его внимательно, и вы увидите множество маленьких призмочек, отражающих падающий на катафот свет в обратном направлении.

Куда отклонят линзы луч?

Мы, безусловно, уверены, что вы никогда не занимались таким скверным делом, как выжигание лупой на парковых скамейках. Ведь неприятно, правда, когда деревянные скамьи напоминают выставку малопривлекательных художеств? А вот дома на фанерке или на доске — выжигайте себе, пожалуйста.

Это действительно очень интересный процесс. Отнюдь не всякое стеклышко годится для выжигания. Почему, скажем, для этого берут лупу? А вы посмотрите на нее сбоку. По краям, где она утоньчается, она напоминает треугольную призму. Ага, значит падающие на нее с одной стороны лучи света после преломления будут отклоняться к ее толстой части, к серединке. Вот и получается, что такая лупа, или, как еще ее называют, линза, соберет, сфокусирует лучи. Поэтому-то и можно с ее помощью собрать солнечный свет в маленькое яркое пятнышко, да еще так, что в нем загорится бумага или задымит, обугливаясь, дерево.

Не похоже ли это на действие вогнутого зеркала? Конечно, — причем законы, описывающие ход лучей в линзе и зеркале, будут абсолютно одинаковы.



Но ведь зеркала могут не только собирать, но и рассеивать свет. А линзы? И среди них есть как собирающие, типа лупы, так и рассеивающие. Легко, наверное, догадаться, что у рассеивающих линз серединка будет тоньше, чем ее края. Иногда это различие можно обнаружить на ощупь, например, проводя с двух сторон пальцами по стеклам очков.

Верно ли мы видим мир?

Почему говорят «наблюдать невооруженным глазом»? Чем же это его вооружают? Понятное дело, ответите вы, какими-нибудь оптическими устройствами, чтобы лучше что-то разглядеть или как можно дальше увидеть. А что, наш глаз сам по себе не на многое способен?

Конечно же, глаз — весьма совершенное и непростое устройство. Недаром благодаря зрению человек получает больше сведений об окружающем мире, чем с помощью всех остальных чувств, вместе взятых. Однако если отнестись к глазу, как к оптическому прибору, то разобраться с ним будет нам, в общем-то, нетрудно.

Хотя все «детали» глазной системы важны, все же центральное место в ней занимает хрусталик. А ведь это просто

собирающая линза. Ну, не совсем, конечно, простая: хрусталик способен, в отличие от стеклянной линзы, менять под действием глазных мышц свою толщину. Взгляните на облака или на далекий лес. Вы чувствуете, как ваш глаз расслабляется? А теперь придвиньте насколько можно книжку к своему носу. Ощутили, как глаз напрягся? То-то, это действуют глазные мышцы.

Таким образом хрусталик фокусирует световые лучи, добиваясь четкого изображения в глазу. В фотоаппарате же эту задачу решают, выдвигая или вдвигая линзу-объектив. Представляете, если б наши глаза действовали так же? Тогда они «вылезали бы из орбит», как у рака или Громозеки из мультфильма «Тайна третьей планеты». Однако природа позаботилась о том, чтобы мы могли справляться с «наводкой на резкость» без выпучивания глаз.

Но в фотоаппарате изображение переворачивается. А у нас в глазу, если он работает как линза? Точно так же, хотя до Леонардо да Винчи не только простые люди, но и ученые никак не могли примириться с тем, что видят мир перевернутым. Это уже наш мозг научился правильно «считывать» с глаза световые сигналы.

«Нет очков у тети Вали…»

Зачем человеку очки? Сегодня этот вопрос звучит странно, потому что чуть ли не большая половина людей пользуется очками или заменяющими их контактными линзами. Значит, мы испытываем в очках большую потребность. Но почему?

Если глазным мышцам не хватает сил, чтобы сфокусировать **хрусталик** на рассматриваемом предмете, изображение в глазу получается размытым. Ну, как в фотоаппарате, который плохо настроили на резкость. **Близорукие** люди не видят четко дальше какого-то, предельного для каждого из них расстояния. А **дальнозорким**, наоборот, недоступно резкое изображение близких предметов. Значит, к линзе-хрусталику нужно добавить помощника-очки. Запомните, они не вылечивают, а только временно, пока их носят, подправляют дефекты зрения.

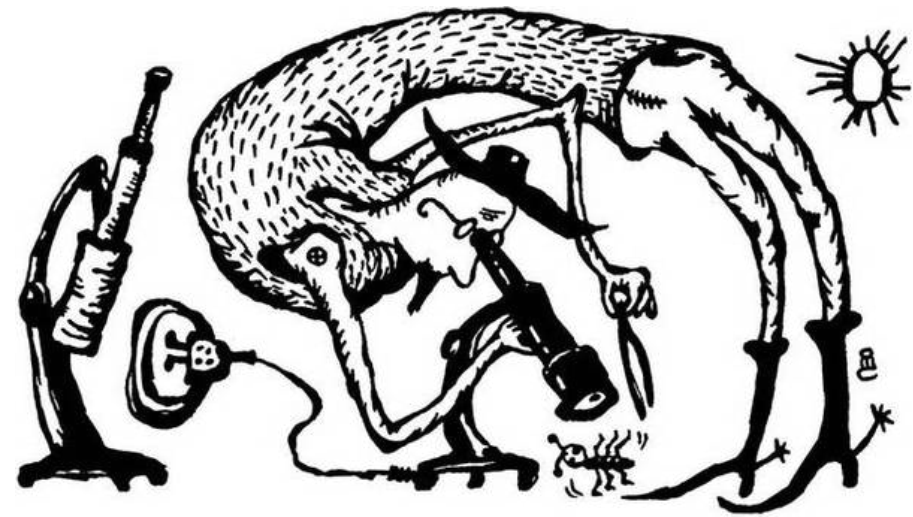
Близорукому человеку необходимы в очках рассеивающие или, как их еще называют, отрицательные линзы. После преломления в них световые лучи, идущие от далеких предметов, кажутся исходящими из ближних точек. И глаз воспринимает их, не напрягаясь. Подобная картина наблюдается в собирающих, или положительных, линзах для дальнозорких. Только там очки «перековывают» лучи от близких предметов в будто бы идущие издалека.

История создания очков начинается где-то в XIII–XIV веках. Во всяком случае, известен портрет кардинала в очках, написанный в 1352 году в Италии. Интересно, как, в соответствии с модой, менялся внешний вид очков. Лорнет, монокль, пенсне — каких только не было изобретений! Но оптический принцип действия очков оставался неизменным.

АБВГА
АБВГДЕ
АБВГДЕЁЖЗИ

Познакомьтесь с бактерией!

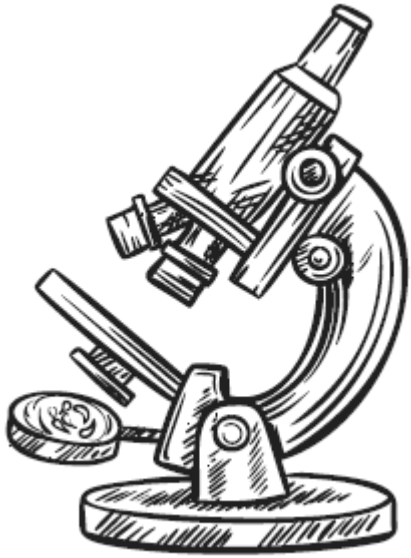
А можно ли нормальным, здоровым глазом разглядеть бактерию? Увы, нет, не приспособлено для этого наше зрение. Ну, а если воспользоваться хорошей лупой? Конечно, она способна дать большое увеличение, но и ее недостаточно для таких крохотных тел, как бактерия. Что же делать?



Когда стали появляться хорошие по качеству и разнообразные по форме линзы, а это было около 500 лет назад, можно было попробовать «поиграть» с ними, покомбинировать. Видимо, кто-то в это время обнаружил, что система из двух линз способна дать большее увеличение, чем каждая из них в отдельности. Авторство этого открытия обычно приписывают итальянцу Галилео Галилею. Иногда «отцом» **микроскопа** называют голландца Антони ван Левенгука. Но достоверных сведений о первооткрывателе нет.

Антони ван Левенгук (1632–1723) — голландский натуралист. Внес свое имя в летописи науки как один из основоположников микроскопии. Изготавливал сильные увеличительные стекла, благодаря которым смог сделать ряд важнейших открытий в биологии. Впервые наблюдал бактерии, обнаружил движение мельчайших телец в кровяных сосудах.

Принцип действия микроскопа заключается в том, что первая линза, направленная на исследуемый предмет, создает его увеличенное изображение. Другая линза, словно подхватывая световые лучи от первой, вторично увеличивает это изображение. В результате малюсенький предметик (недаром говорят — микроскопический) вырастает в своих размерах в тысячи раз. Представляете, каким было удивление того же Левенгука, увидевшего в микроскоп дотоле никому не известную жизнь, протекающую в мире мельчайших организмов!



Но и оптический микроскоп имеет свои пределы увеличения. Ему на помощь в XX веке пришел так называемый электронный микроскоп, работающий, правда, на совершенно иных принципах… Зато в него можно «разглядеть» даже отдельные молекулы.

Свет — волна и свет — частица

Для того чтобы строить какие-то теории о свете, надо как-то вообразить себе, что же он из себя представляет. Исаак Ньютон считал, что свет — это поток частичек, **«корпускул»**, выстреливаемых, будто из пулемета, источником света. Другой точки зрения придерживался известнейший голландский ученый Христиан Гюйгенс. Он полагал, что свет от источника распространяется в виде волн, подобных тем, что мы наблюдаем при падении камушка в воду. Кстати, именно Гюйгенс обратил внимание, что принцип Ферма о минимальном времени движения светового луча опирается на волновые свойства света.

Корпускулярная и **волновая** теории света поначалу не смогли мирно ужиться. В каких-то случаях они приводили к одинаковым результатам, порой опровергали друг друга. Между сторонниками двух точек зрения шли острые, иногда яростные дискуссии. Скажем, авторитет Ньютона был столь велик, что вплоть до начала XIX века корпускулярным языком описывали явления, явно противоречащие ньютоновской теории.

Христиан Гюйгенс (1629–1695) — голландский физик, математик и астроном. Разработал волновую теорию света, выдвинул известный волновой принцип, названный его именем, объяснил многие оптические явления. В механике исследовал столкновение тел и вывел его законы, сконструировал первые маятниковые часы и создал их теорию. Установил постоянные точки термометра. Совершенствовал телескоп, с его помощью открыл кольцо Сатурна и его спутник Титан.

Начало позапрошлого столетия ознаменовалось поразительными открытиями. Опыты демонстрировали, что свет может огибать препятствия, усиливать или ослаблять себя, исчезать в непредвиденных местах и возникать там, где его не ждали. Объяснение таким переменам в его поведении оказалось возможным только в рамках волновой теории света.

А к концу XIX века было получено надежное доказательство, что свет — не что иное, как электромагнитная волна.

Казалось бы, волновая теория одержала триумфальную победу. Но начало XX века принесло новые открытия, заставившие ученых в каком-то смысле вернуться к воззрениям Ньютона. При объяснении новых фактов волновая теория была бессильна.

Так что же, свет — это все-таки частицы? Сегодня ученые считают: в каких-то случаях он ведет себя как поток микроскопических частиц-корпускул, в других — как волна. Иначе говоря, ему присущи и те, и другие свойства.

Как исчезает свет?

В каких случаях свет показывает себя как волна? В конце десятых годов прошлого века французские ученые были несказанно удивлены, когда молодой физик **Огюстен Френель** провел на их глазах любопытный опыт. Между источником света и экраном размещался непрозрачный диск. По здравому смыслу, на экране должна была получаться круглая тень. Френель, перемещая приборы, добивался того, что в центре тени появлялось светлое пятнышко. И наоборот, если пропускать свет через круглое отверстие, то при определенных условиях в середине светлого пятна образовывалась темная точка.

Огюстен Френель (1788–1827) — французский физик. Экспериментируя с помощью примитивных средств, достиг великолепных результатов в оптике. Развил учение о свете, дополнил принцип Гюйгенса. Разработал теорию дифракции — явления, при котором свет огибает препятствия. Доказал поперечность

световых воли. Изобрел ряд оптических приборов.

Объяснить эти чудеса могла только волновая теория света. Подобно звуковым волнам, способным огибать препятствия, световая волна в каких-то случаях может зайти за край, скажем, диска и попасть в зону тени. Почему же такие явления довольно часто наблюдаются для звука и намного реже — для света? Дело в том, что звуковые волны обладают значительно большей длиной — расстоянием между своими «горбами», это примерно метры. Значит, на препятствиях таких размеров и будет наблюдаться **огибание** звуковых волн.

А вот длина световых волн чрезвычайно мала — они меньше миллионных долей метра. Вот такого размера отверстия или препятствия и позволят заметить отклонение световых лучей от прямолинейной траектории.

Например, классический опыт провел в 1802 году англичанин Томас Юнг. Проделав в непрозрачном экране две близких дырочки с помощью тонкой булавки, он осветил их солнечным светом, проникавшим в комнату через маленькое отверстие в шторе. И что же? Вместо двух ярких точек за экраном наблюдалось чередование темных и светлых колец.

Томас Юнг (1773–1829) — английский ученый. Работал в различных областях естествознания, но более всего известен как физик. Один из создателей волновой оптики. Объяснил «настройку» глаза изменением толщины хрусталика, явление усиления и ослабления звуковых и световых волн. Разрабатывал теорию цветного зрения. Также исследовал упругие деформации.

Объяснить это явление можно было, считая, что световые лучи, загибаясь в дырочках, накладываются друг на друга, то усиливая себя, то ослабляя.

Кто «отвечает» за цвет?

Вы нырнули в бассейн, а на его краю остался ваш приятель в красных плавках и голубой купальной шапочке. Какого цвета будут они казаться вам из-под воды? Неожиданный вопрос, правда? Кажется, что в нем есть подвох. Но сколько ни ныряй, всякий раз красные плавки останутся красными, да и шапочка не изменит свой цвет. Что же тут выяснять?

Да дело в том, что если считать свет волной, то хорошо бы узнать, какая его характеристика отвечает за цвет. Длина волны? Скорость? Частота? Оказалось, что при переходе в более плотную прозрачную среду свет как бы тормозится, скорость его падает. Вместе со скоростью ровно во столько же раз уменьшается длина световой волны. И если бы эти характеристики «взяли на себя ответственность» за цвет, то мир предстал бы перед нами в искаженных цветах. Ну, подумайте, вы бросаете в кастрюлю с водой ярко-красную морковку для варки, а она, «нырнув» на дно, вдруг стала синей или еще хуже, серо-буро-малиновой. Захотелось бы съесть такую морковку?

Итак, не скорость и не длина волны. Остается **частота**. Да, именно эта волновая величина определяет цвет световых лучей. Она будет неизменной для каждого цвета, где бы лучику ни пришлось путешествовать — в линзах, в стеклах, в призмах. Заметьте, что если длина световых волн ничтожно мала, то частота — невероятно огромна. Составляет она примерно миллион миллиардов колебаний в секунду. Самая большая частота световых волн — у фиолетового цвета, а самая маленькая

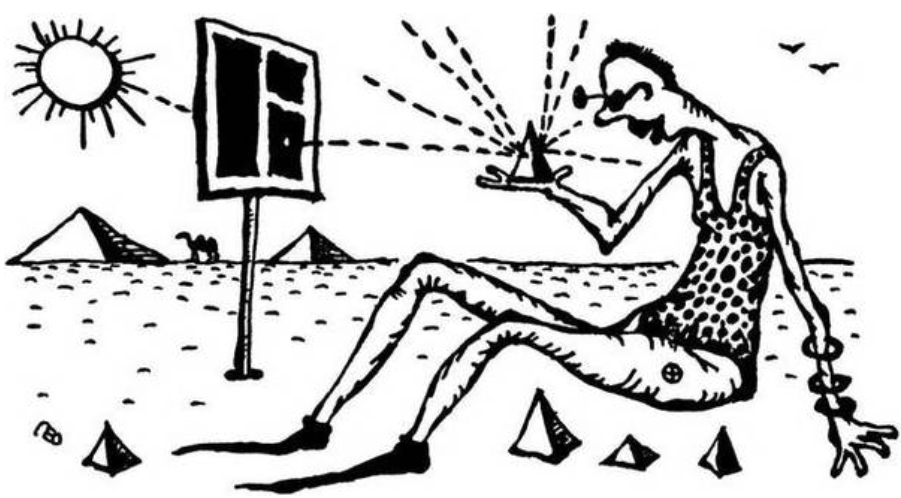
— у красного.

Что такое радуга?

Вы, конечно, любовались видом радуги, возникающей в небе после дождя. Отчего же появляется такая красивая, да еще цветная картина в воздухе? Однако тут мы не совсем точны, в чистом воздухе никакой радуги не было бы. Образуется она благодаря мельчайшим капелькам воды, поэтому и бывает лишь после дождя. Заметьте, что чаще наблюдать радугу удается, когда Солнце невысоко над горизонтом, а вы располагаетесь спиной к нему и лицом к «уходящему» дождю.

В чем причина появления цветов на небосклоне? Преломляясь в крохотных прозрачных капельках воды, белый свет испытывает, как говорят, **разложение в спектр**. И тогда становится совершенно ясно, что состоит он из набора цветов. Получить радугу можно, как это сделал Исаак Ньютон, в «домашних» условиях. Через маленькое отверстие в ставне или шторе нужно пропустить узенький пучок света. Если на его пути поставить стеклянную треугольную призму, то преломившиеся в ней лучи выйдут уже разделенными на цвета. Это будет хорошо заметно на противоположной окну стене.

Явление, описанное сейчас, получило название дисперсии света. Радужная полоска, именуемая спектром, показывает, что сильнее всего преломляются призмой фиолетовые лучи, а меньше всего — красные. Получение спектров от различных светящихся тел породило целую отрасль науки и техники — **спектральный анализ**.



Выяснилось, что каждое вещество испускает и поглощает

вполне определенные цветовые лучики. И если мы сравним спектр, например, от раскаленного грунта, доставленного с Луны, с известными, эталонными спектрами, то сможем узнать, из чего этот грунт состоит. По спектру расплавленного металла, который только что «сварили», можно распознать, какие химические добавки ему нужны, а каких — избыток.

Специальные приборы — **спектроскопы**, — основной деталью которых является призма, нашли широкое применение в самых разных областях. Скажем, с их помощью смогли на расстоянии определить химический состав звезд. Одним из поразительных открытий спектроскопии было обнаружение на Солнце неизвестного химического элемента, который значительно позже нашли на Земле. Его и назвали в честь Солнца — гелий.

Как быстро бегает свет?

Да так и бежит — со скоростью света, иначе вроде и не скажешь. А какова эта скорость? Измерить ее пытались очень давно. Изобретали остроумные способы, пытаясь даже «включить» в экспериментальные установки другие планеты. Было ясно, что скорость эта невероятно велика, поэтому измерять ее нужно на больших расстояниях.

Жан Фуко (1819–1868) — французский физик-экспериментатор. Разработал метод измерения скорости света и измерил ее в воздухе и воде, чем подтвердил волновую теорию света. При помощи маятника доказал вращение Земли вокруг своей оси. Изобрел гироскоп, нашедший широкое применение в технике.

Первые же более или менее удачные попытки привели к результатам, говорящим о сотнях тысяч километров в секунду. Все более точные методы измерения позволили установить на

сегодня эту величину равной 300 000 километров в секунду. Как бы ни была велика эта скорость, она не бесконечно большая. Значит, свет от далеких источников, например, звезд, может идти к нам не мгновенно, а столетиями, миллионами лет. И то небо, которое мы видим над головой, вовсе не соответствует реальному состоянию дел. Иначе говоря, каких-то звезд уже давным-давно нет на свете.

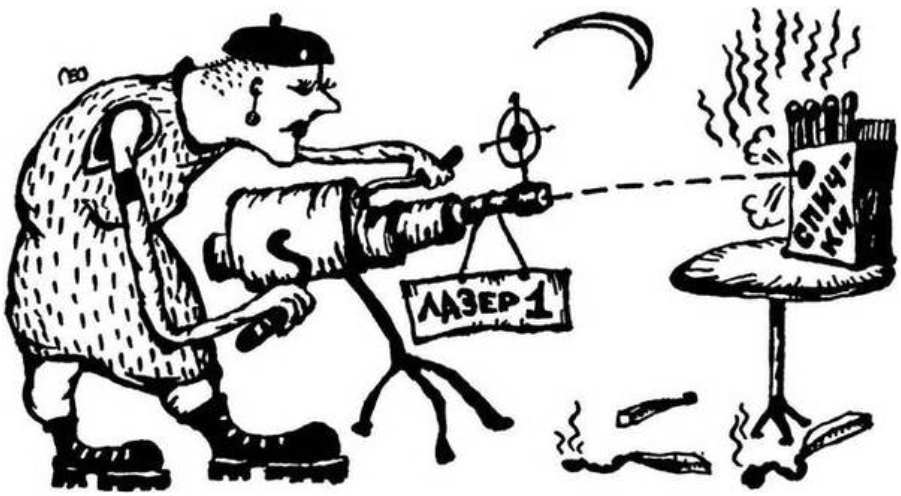
А вдруг и Солнце уже погасло? И до нас доходит давным-давно испущенный свет? Не волнуйтесь, от Солнца свет доносится до нас всего лишь за 8 с небольшим минут, так что про него мы все довольно быстро узнаем.

Скорость света, измеренная в разных прозрачных веществах, оказалась меньше той, с которой он распространяется в вакууме или воздухе. Знание этих скоростей позволило установить причину преломления света: чем меньше скорость света в среде, тем больше он ею преломляется.

Когда английским физиком Максвеллом было предсказано существование электромагнитных волн, он считал, что свет — одна из их разновидностей. Так оно потом и подтвердилось в экспериментах. Радиоволны, тепловые (инфракрасные), световые, ультрафиолетовые и рентгеновские лучи — близкие родственники. Распространяются они в вакууме с одной и той же скоростью — скоростью света, а различаются лишь длиной волны или частотой.

Можно ли усилить свет?

Линзами и зеркалами можно, конечно, достаточно сильно сконцентрировать свет. Но все-таки, как бы мы ни преломляли и отражали лучи оптическими приборами, «сгустить» их в достаточной мере не удается. И лишь во второй половине XX века люди научились усиливать свет, но только совершенно другим способом.



Если взять довольно большой кристалл рубина — прозрачного минерала, — то его в специальном устройстве можно «накачать» световой энергией яркими вспышками особой лампы. В какой-то момент «насытившись», кристалл начнет сам испускать тоненький красный луч. В этом луче световая энергия оказывается очень сильно сконцентрированной. Лучик способен прожечь любые материалы, в том числе и алмаз.

Такой прибор назвали **лазером** — усилителем света. Где только не применяют его сегодня! Были созданы различные типы лазеров для разных целей. Врачам лазерный луч пригодился как острый и стерильный скальпель. Геодезистам он помогает задавать точное направление при проведении, скажем, подземных работ. С помощью лазера была выполнена световая локация Луны и определено точное расстояние до нее.

Лучи лазера движутся строго в одном направлении, поэтому пучок света не расплывается вширь даже на больших расстояниях. Это позволяет применять его и как средство связи, когда сообщение можно передать хоть на другую планету.

Если лазер может прожигать даже твердые материалы, значит, его луч переносит энергию в пространстве. Тогда он должен и сдвигать предметы, то есть прикладывать к ним силу. Это особенно хорошо заметно, когда вертикальный луч лазера удерживает и даже поднимает легкие шарики.

Выходит, свет оказывает давление? Да, причем это было показано почти 100 лет назад в работах русского физика Петра Николаевича Лебедева. Он увлекся проблемой отклонения кометных хвостов солнечным светом. Создав оригинальную опытную установку, Лебедев смог измерить ничтожно малое **световое давление**. Оно оказалось в точности таким, какое ранее предсказал в своей теории английский физик Джеймс Максвелл.

Петр Николаевич Лебедев (1866–1912) — российский физик-экспериментатор. Провел опыты на грани технических возможностей своего времени, но блестящие по результатам. Доказал существование давления света на твердые тела и газы, чем подтвердил электромагнитную теорию света. Создал устройства для генерации и приема электромагнитных волн и изучил их свойства. Исследовал земной магнетизм.

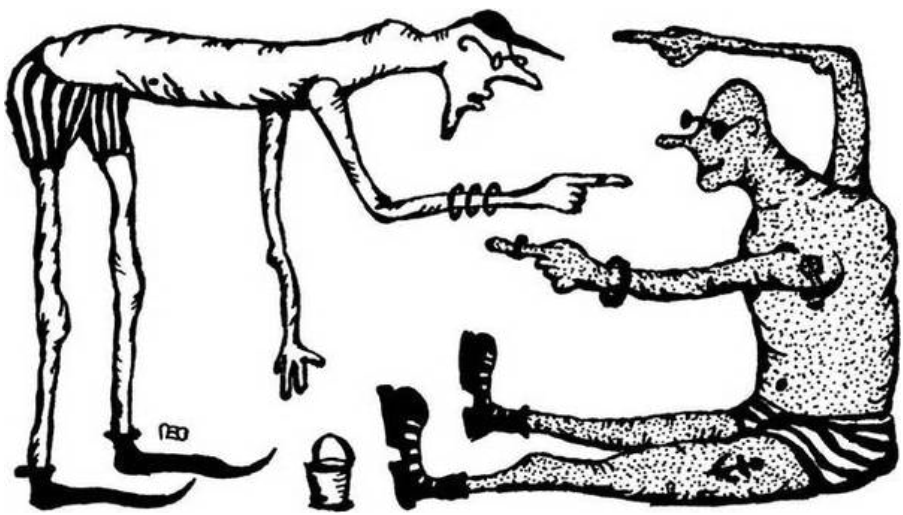
Какие лучи за краем радуги?

Вы встретили своего товарища после летних каникул. И удивились: как загорел! А отчего наша кожа приобретает такой оттенок?

Загораем-то мы, конечно, под солнечными лучами, однако знаем, что они не только делают нас коричневыми, но и греют. Различные действия оказывают на нас разные «сорта» лучей, бегущие от Солнца.

Тепловое воздействие в большей степени идет от невидимых **инфракрасных лучей**. Они потому так и называются, что примыкают к красной части видимого спектра.

А загар зависит от **ультрафиолетовых лучей**, то есть тех, что расположены по другую сторону семицветной радуги, за ее фиолетовым краем.



Поскольку все эти лучи — электромагнитные волны, то мы можем выстроить их, как звуки на нотном стане. Ниже будут находиться лучи с большой длиной волны, выше — с короткой. А частота их, или быстрота колебаний, наоборот, будет расти при переходе ко все более высоким «нотам»-лучам.

Вот и ультрафиолетовое излучение соответствует еще более коротким, чем у видимых лучей, длинам волн. А раз так, то его проникающая способность становится выше.

С одной стороны, ультрафиолет человеку необходим. Поэтому в северных районах, где недостаток солнца, детей специально облучают кварцевыми лампами. Кварцевое стекло, в

отличие от обычного, не поглощает ультрафиолет. Это облучение, может быть, знакомо вам по поликлинике, когда приходится лечить простуду. Дело в том, что его терпеть не могут различные вредные вирусы и бактерии.

Если же ультрафиолета много, то и нам его не выдержать, можно заболеть. Предохраняет нас от его избытка земная атмосфера, в особенности так называемый озоновый слой. Вы, наверное, слышали об озоновых дырах. Это те места на Земле, где защитный слой по каким-то причинам утончается. Тогда здесь необходимо избегать долгого пребывания на солнце.

А вот чтобы беспрепятственно «принимать» ультрафиолет, нужно выйти за пределы земной атмосферы. Туда и поместили телескоп «Хаббл», названный так в честь известного астрофизика. Разглядывать небо в ультрафиолетовых лучах он может, кружась по орбите вокруг Земли на спутнике.

Чем сфотографировать наш скелет?

Редкий человек не проходил через рентгеновский кабинет. А уж снимки, сделанные в **рентгеновских лучах**, знакомы каждому. Помните, как на них виден скелет и даже кровеносные сосуды? Что же это за лучи?

Это электромагнитные волны, расположенные между ультрафиолетовым и гамма-излучением. Их открытие произошло в 1895 году. Трудно сейчас представить, какой интерес оно вызвало сто с лишним лет назад. Немецкий физик **Вильгельм Рентген**, открывший эти лучи, был выдающимся экспериментатором. Именно тщательность и продуманность его опытов позволили обнаружить явление, которое в течение многих лет было буквально «под носом» его коллег.

Вильгельм Рентген (1845–1923) — немецкий физик-экспериментатор. Исследовал свойства жидкостей, газов, кристаллов, электромагнитные явления. Наглядно показал, что магнитное поле

создается движущимися зарядами. Главное открытие — лучи, названные его именем, и изучение их свойств, позволивших развить кристаллографию и дефектоскопию, применить лучи в медицине. Первым из физиков получил Нобелевскую премию.

Новые лучи возникали в так называемой разрядной трубке, где поток отрицательно заряженных частиц падал, тормозясь, на мишень. Чуть позднее выяснилось, что эти частицы — электроны.

Сам Рентген, не зная о существовании электрона, природу открытых им лучей объяснить не смог. А ведь именно когда заряженная частица разгоняется или тормозится, она поглощает или испускает электромагнитные волны. Получалось, что рентгеновские лучи — всего лишь разновидность таких волн.

Длина этих волн столь мала, что они оказываются еще короче ультрафиолетовых. Можно догадаться, что как раз поэтому их проникающая способность еще выше. Рентгеновские лучи просвечивают не только человеческое тело. Проходя сквозь кристаллы, они воссоздают на фотопленках их внутреннюю структуру, как бы скелет вещества.

Еще одно важное применение рентгеновских лучей — в астрономии. Регистрировать на Земле это излучение трудно из-за поглощения в атмосфере. Но когда приборы стали поднимать на ракетах и спутниках, они зафиксировали рентгеновское излучение Солнца и звезд. Главное же — удалось поймать такие лучи от вообще неизвестных ранее небесных объектов — пульсаров. Это как бы рентгеновские маяки, мигающие нам из далеких просторов космоса.

Какие лучи самые короткие?

А есть ли в природе лучи, еще более проникающие, чем рентген? Иначе такое излучение называют более жестким. Да, оно существует. В 1896 году французским физиком Анри Беккерелем были открыты лучи с невиданной проникающей способностью. Названо это явление было **радиоактивностью**. В составе испускаемых некоторыми природными веществами лучей со временем выделили те, что оказались электромагнитными волнами. Они обладают невероятно малой длиной волны — еще меньшей, чем у рентгеновских лучей.

Анри Беккерель (1852–1908) — французский физик. Работал в области оптики, электромагнетизма, фотохимии и метеорологии. Открыл неизвестное излучение солей урана, названное радиоактивностью. Обнаружил физиологическое действие этого излучения, а также его способность ионизировать газ.

Это излучение назвали **гамма-лучами**. Однако вели они себя так, что с тем же успехом их можно было считать частицами. Поэтому и название «гамма-частицы» используют так же часто. Необычное поведение этих волн-частиц заставило вспомнить давние споры о том, что такое свет.

Если видимое световое излучение и гамма-лучи — электромагнитные «сородичи», то отличает их всего лишь длина волны. У света она мала, у гамма-лучей — еще в тысячу, миллион раз меньше. Выстраивается такая зависимость; чем меньше длина волны излучения, или, соответственно, чем больше его частота, тем больше **проникающая способность**, тем больше проявляется им свойств уже не волны, а частицы.

Можно сказать так — гамма-лучи представляют собой поток как бы сгустков энергии, очень похожих на летящие со скоростью света микроскопические снаряды.

С одной стороны, их научились применять для обнаружения дефектов в металлах. В медицине их используют для диагностики и для лечения злокачественных опухолей. С другой стороны, это излучение в больших дозах, как всякая радиоактивность, очень опасно, и для защиты от него принимают специальные меры, — скажем, в лабораториях физиков и на атомных электростанциях.

Внутри волны — частица, внутри частицы — волна

Говорят, что на рубеже веков чаще происходят странные и удивительные события. Возможно, в эти времена и людям в голову приходят всякие нестандартные идеи. Во всяком случае, именно в 1900 году немецкого физика **Макса Планка** посетила ошеломляющая мысль.

Макс Планк (1858–1947) — немецкий физик-теоретик. Работал в области термодинамики, теории теплового излучения, теории относительности. Основная научная заслуга — создание квантовой теории, пришедшей на смену классической физике, не дающей объяснений на атомном и молекулярном уровне.

Ученый разбирался с вопросом об испускании излучения нагретыми телами. Задача, стоящая перед ним, считалась трудной, но не такой, чтобы привести к революционным

переменам в науке. Более того, Планка незадолго до этого пытались отговорить от занятий физикой, поскольку считали, что она практически завершена.

Однако, как Планк ни бился над задачей, уже известные методы никак не позволяли ее решить. И вот тут-то он сообразил, что излучение, испускаемое телом, идет не непрерывным потоком, как льется вода, а разбегается малюсенькими порциями. Назвал он эти порции **квантами**.

Казалось бы, возродилась идея Исаака Ньютона о том, что свет — это поток частиц-корпускул. Но планковские частички-кванты представляли собой нечто особенное. Они обладали различной энергией, и она зависела от такой волновой характеристики, как… частота излучения. Вот это и было неожиданным выводом, парадоксом — вроде бы частица, а в ней словно бы заключена волна.

Сам Планк был поражен созданием такого «кентавра». И неизвестно, как бы дальше развивались события в физике, если бы с помощью этой идеи не нашли объяснения многие экспериментальные факты. Теория Планка получала все больше подтверждений и стала именоваться квантовой теорией. Она во многом повлияла на облик современной науки.

Как свет «выдергивает» электроны?

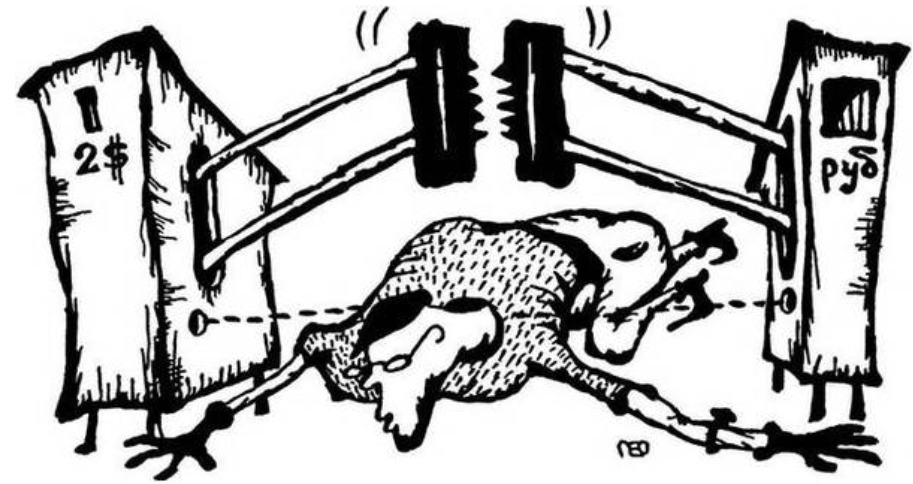
Как только родилась идея квантов — частиц излучения, испускаемого и поглощаемого тела-ми, — ее тут же взяли на вооружение многие выдающиеся ученые. Например, в 1905 году немецкий физик **Альберт Эйнштейн** применил теорию квантов к одному очень интересному явлению — фотоэффекту.

Исследовать этот эффект начали еще в 1887 году. А годом позже явление было детально изучено русским физиком **Александром Григорьевичем Столетовым**. Состояло оно в том, что из металлической пластины при освещении вылетали электроны. Опытным путем были установлены законы фотоэффекта, но причины происходящего выявить не удалось.

Александр Григорьевич Столетов (1839–1896) — российский физик. Предложил важные методы магнитных измерений, изучал газовый разряд. Мировую известность приобрел как исследователь фотоэффекта, установивший его законы. Создал первый фотоэлемент и

применил его на практике.

И лишь идея о квантах света, как показал Эйнштейн, поставила все на свои места. Законы получили твердую опору. Выяснилось, что каждая частичка света приносит с собой определенную порцию энергии. А тратится эта энергия на то, чтобы вырвать электрон из металла и сообщить ему энергию движения, то есть кинетическую энергию. Поэтому чем больше частота излучения, тем больше энергия света, тем быстрее выбегают из металла электроны. Из-за этого их энергия выше при облучении пластины фиолетовым светом, нежели красным.



Изучение свойств фотоэффекта дало возможность создать и усовершенствовать фотоэлементы. Это устройства, преобразующие световой поток в электрический сигнал. Их используют, как вы, возможно, догадались, в турникетах метро. А фотоэффект, происходящий в полупроводниках, привел к созданию солнечных батарей.

Портрет фотона: анфас и в профиль

Частицы-кванты, теоретически открытые в 1900 году Максом Планком, через пару десятков лет стали называть **фотонами**, от греческого слова «свет». Но поскольку квантами испускаются все известные нам виды излучения, фотоны могут быть отнюдь не только световыми, но и, скажем, инфракрасными или рентгеновскими.

Каждый фотон несет малюсенькую порцию энергии. Но их обычно так много, что она может стать заметной величиной. Например, можно оценить, сколько приходит световой энергии от Солнца на Землю. Оказывается, что на один квадратный метр земной поверхности за одну секунду падает несколько тысяч миллионов фотонов. Несмотря на столь малую энергию отдельного фотона, его в принципе может зарегистрировать даже человеческий глаз.

Фотон — удивительная частичка. Существует он только в «полете», когда переносится в пространстве со **скоростью света**. Медленнее двигаться он просто не может, как бы не создан для этого. Рождается он, излучившись, и исчезает, поглощаясь телами. Он переносит энергию и движение, нагревает тела и вместе с собратьями оказывает на них давление. При всем при этом он не обладает массой. Только здесь надо быть очень аккуратным в выражениях, так как имеется, в виду масса «обычных» частиц, способных, в отличие от фотона, находиться в покое.

Вот какой удивительный этот фотон! И это все не выдумки ученых, а строго подтвержденные опытом факты.

Что такое радиоактивность?

Это явление было открыто в конце прошлого века. Заключалось оно в том, что без всякого внешнего воздействия изнутри некоторых веществ испускались очень энергичные лучи. Это прежде всего говорило о том, что внутри вещества находятся свои собственные источники энергии. С другой стороны, такими интенсивными лучами можно было надеяться «прощупать» различные тела лучше, чем даже рентгеновским излучением.

Со временем выяснилось, что **радиоактивность** представляет собой «излучение» разного сорта. В ее состав входят тяжелые положительно заряженные частицы, более легкие отрицательные — электроны — и очень «жесткие», сильно проникающие электромагнитные волны. Первые назвали **альфа-частицами**, вторые — **бета-частицами**, а третьи — **гамма-лучами**.

Такая команда «бомбардиров» могла пронизать довольно толстые слои вещества. Кстати говоря, уже с первых опытов по изучению радиоактивности накапливались сведения о том, как от нее можно защититься. Одним из лучших поглотителей радиации оказался свинец. Может быть, вы видели в рентгеновском кабинете тяжелые резиновые покрывала, которыми предохраняют от облучения не предназначенные для съемки органы. В состав этих покрывал вводят свинец.

Мария Склодовская-Кюри (1867–1934) — польский и французский физик и химик, один из основоположников учения о радиоактивности. Вместе с мужем, **Пьером Кюри**, открыла новые радиоактивные элементы. Установила влияние излучения на живую клетку, первой использовала радиоактивность в медицине.

Физики довольно быстро сообразили, что естественную радиоактивность можно использовать в их экспериментах. С тех пор начались усиленные поиски и кропотливое накапливание рассеянных в природе радиоактивных веществ.

Кто «сидит» внутри атома?

Начало двадцатого столетия словно всколыхнуло ряды ученых, побудив их вновь задуматься о том, что такое атом. Греческое слово, означающее «неделимый», словно говорило, что эти частицы — последняя граница дробления тел. Однако радиоактивность — вылетание частиц изнутри вещества — заставило усомниться в этом.

Открытый более 100 лет назад электрон, обладавший отрицательным зарядом, наводил на мысль, что внутри вещества должны как-то располагаться и положительно заряженные частички. Ведь атомы в целом — нейтральны, значит, что-то должно компенсировать, уравновешивать в веществе отрицательные заряды. Трудно, конечно, представить сейчас, что столетие назад серьезные ученые воображали себе атом как «тесто» положительного заряда с вкрапленными в него «изюминками»-электронами.

И вот в 1911 году знаменитый английский ученый **Эрнест Резерфорд**, используя альфа-частицы, испускаемые радиоактивным препаратом, провел важные эксперименты. Он облучал металлическую фольгу и наблюдал за рассеянными ею альфа-частицами. Оказалось, что большинство этих массивных «снарядов» легко пронизывают металл. Но какие-то из них отскакивали так, будто встретили на своем пути мишень.

Эрнест Резерфорд (1871–1937) — английский физик. Посвятил свои работы радиоактивности, атомной и ядерной физике. Заложил основы современного учения о строении атома. Один из разработчиков теории радиоактивного распада. Автор планетарной модели атома. Открыл протон, предсказал существование нейтрона. На опыте доказал справедливость закона взаимосвязи массы и энергии в ядерных реакциях.

Эти опыты позволили Резерфорду сделать вывод о том, что положительный заряд и масса атома сосредоточены в очень малой центральной его области. Такую область, в 100 000 раз меньшую, чем сам атом, Резерфорд назвал **атомным ядром**. Модель атома, где в серединке — ядро, а вокруг — вращающиеся электроны, послужила основой для дальнейшего развития наших представлений о строении вещества.

Кружиться? Строго по правилам Бора

Согласитесь, что очень удобно, когда какие-то новые понятия можно объяснить с помощью уже хорошо освоенных, привычных.

Вот и модель атома, предложенная Эрнестом Резерфордом, была такой симпатичной, ладной, так походила на знакомую нам картину движения планет вокруг Солнца. «И все бы хорошо, да что-то нехорошо…»

Почти сразу после рождения эта модель натолкнулась на серьезные противоречия. Как подсказывала теория, кружащиеся вокруг ядра-«солнца» маленькие электроны-«планеты» должны были излучать энергию. Теряя ее за какие-то мгновения, они неминуемо падали бы на ядро — как спутник, тормозясь в атмосфере, «сваливается» на Землю. Но это значило, что такие устойчивые шарики-атомы, из которых построен весь

окружающий нас мир и мы сами, моментально бы «схлопнулись». Однако мы этого не наблюдаем!

Выход из положения предложил выдающийся датский физик **Нильс Бор**. Правда, для этого вновь потребовались «безумные» идеи. Бор оснастил атомную модель Резерфорда несколькими правилами, которые очень трудно было бы вообразить в рамках старой, классической физики.

Нильс Бор (1885–1962) — датский физик-теоретик. Внес огромный вклад в создание принципиально нового подхода к изучению атомных процессов. Построил модель атома, обеспечивающую объяснение его устойчивости. Теория Бора разрешила целый ряд сложных вопросов строения вещества и структуры света. Создал стройную систему физических идей квантовой механики. Многое сделал для развития ядерной физики.

Судите сами. Электронам «запрещалось» находиться где попало вокруг ядра. Словно правила дорожного движения, новая теория разрешала им двигаться лишь по строго определенным орбитам. Однако, если атом поглощал энергию, электрону

полагалось «перескочить» на дальнюю от ядра орбиту, если испускал, то электрону было предписано спуститься на одну из нижних.

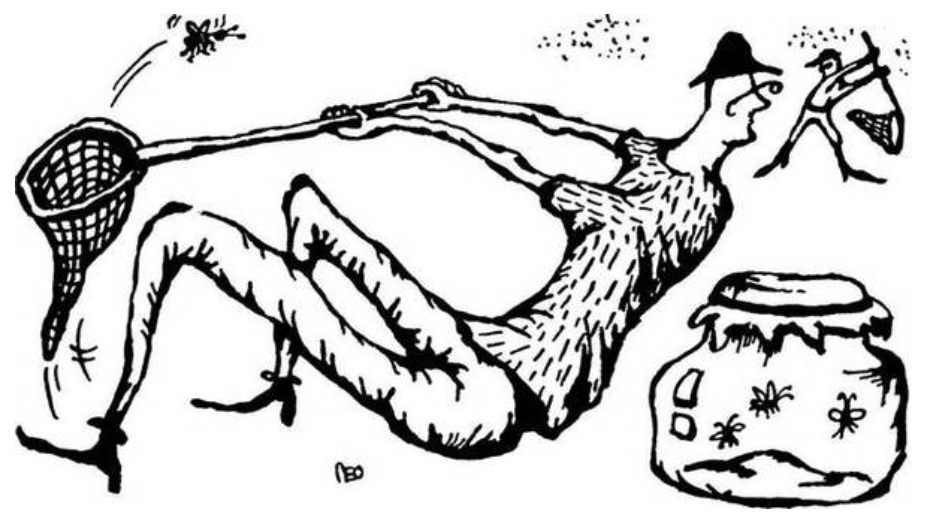
Не в первый раз в науку вторгались непривычные, не поддающиеся здравому смыслу воззрения. И они неминуемо были бы отброшены, если бы не смогли объяснить накопившиеся загадочные факты, разрешить противоречия. Так и теория Бора не просто «спасла» модель Резерфорда, но и обогатила ее и растолковала многое до тех пор непонятное.

Рыбак рыбака видит издалека

Кому легче подружиться? Конечно, тем, у кого общие интересы. Ну, вот одни любят книжки читать, другие — рыбу удить, третьи — мух ловить… Вот еще, скажете вы, нашлось увлечение. А что, может быть, эти мухоловы станут в будущем знаменитыми энтомологами — исследователями насекомых? Значит, то, что сегодня кажется странным, нелепым, завтра будет привычным и, возможно, очень нужным.

Не так ли и чудаковатые поначалу идеи тянутся друг к другу? Подобная мысль приходит в голову, когда идет разговор о встрече двух необычных идей в начале нашего века. Это — «странная» гипотеза Планка о квантах-частичках света и диковинная модель устройства атома, предложенная Бором. Как они оказались необходимы друг другу!

Теперь испускание и поглощение света, да и многих других лучей, можно было объяснить, как потерю или приобретение атомом порции энергии. Перешел электрон с верхней своей орбиты в атоме на нижнюю — испустился квант-фотон. Поглотился фотон атомом — Значит, электрон ровно на порцию, принесенную этим квантом, увеличил свою энергию и подскочил кружиться повыше.



Блестящее объяснение процессов испускания, распространения и поглощения электромагнитной энергии на основе этих идей словно вобрало в себя несколько разных областей физики. Сюда вошли **теория света**, **электромагнетизм** и **строение вещества**. Вот почему квантовая теория стала базой

современной физической науки.

«Из чего же, из чего же сделаны»… ядрышки?

Давайте порассуждаем вместе. Вещество состоит из молекул, молекулы состоят из атомов, атомы состоят из ядер и электронов, ядра состоят из… Из чего же состоят ядра? Может быть, как раз они — те самые, неделимые частички, меньше которых уже ничего нет? Оказалось, не так. Радиоактивное излучение, вылетающее из недр вещества, подталкивает к мысли, что и ядра — не самые мелкие «детали» природного конструктора.

В 20–30-е годы XX столетия были открыты две частицы. Они оказались очень близкими по массе, но отличались тем, что одна имела положительный заряд, такой же, кстати, как заряд электрона, а другая была нейтральна — вовсе не имела электрического заряда. Первую назвали **протоном**, вторую — **нейтроном**.

Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907) — российский ученый. Открыл один из фундаментальных

законов природы — периодический закон химических элементов. На его основе предсказал существование еще не открытых элементов, найденных позже. Занимался тепловыми процессами, сконструировал барометр, изучал на воздушном шаре верхние сдои атмосферы. Разрабатывал теорию весов и точные приемы взвешивания.

Сцепленные друг с другом различные комбинации двух этих частиц образуют ядра атомов всего множества известных на сегодня химических элементов. Многие из них вам уже хорошо знакомы — железо, алюминий, водород, ртуть, медь, йод, кислород, золото, сера, углерод, фосфор, бром, хлор, серебро, кремний… Элементы эти собраны в большую таблицу, которую вы обязательно увидите в книгах по физике и химии или на стенах школьных кабинетов, где изучают эти науки. Такая таблица носит имя ее создателя, нашего соотечественника, знаменитого ученого Дмитрия Ивановича Менделеева.

Знание строения атомного ядра позволило разложить по полочкам, по ячейкам все, из чего складывается вещество. Количество протонов и нейтронов в ядре строго указывает, какой это элемент, каковы его физические и химические свойства. Иначе говоря, такой «банк данных» обладает огромной предсказательной силой.

«Ядра — чистый изумруд…»

Почему в крохотном ядре каждого атома удерживаются вместе такие частицы, как протоны? Если они положительно заряжены, то по всем электрическим правилам должны отталкиваться. Причем так, что ядро просто бы «взорвалось». Однако этого не происходит, ядрышки многих атомов вполне устойчивы, стабильны. Почему?

На таких маленьких расстояниях, на каких оказались в ядре протоны, действуют, помимо электрических, еще и другие силы. С ними человек столкнулся, лишь когда попытался объяснить себе, откуда в ядре взялся такой липкий «клей». Никакими известными силами его происхождение не объяснялось. Вот и пришлось считать, что это особый, ядерный вид сил. Они мощнее всех иных, но «включаются» лишь на микроскопических расстояниях, когда ядерные частички оказываются совсем рядышком друг с другом.

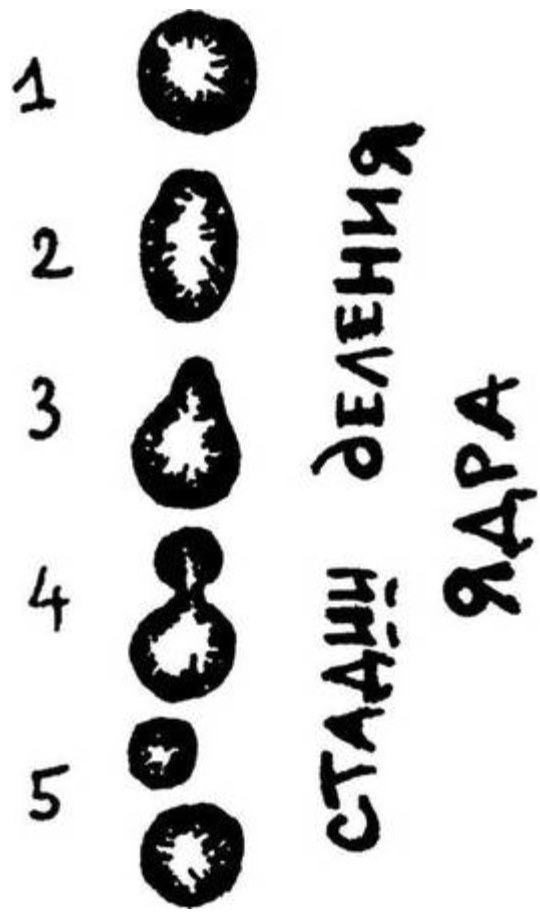
Но почему мы говорим лишь о протоне? Нейтрон — его постоянный «сосед» по ядру и равноправный участник ядерных процессов. Все сказанное его так же касается. Отметим, что третий компаньон, входящий в состав атома, — электрон — никак не влияет на жизнь внутри ядра. Слишком он от этого отдален, чересчур далеко от ядра кружится.

Количество протонов и нейтронов, входящих в состав ядра, меняется от единицы у водорода — самого легкого химического элемента, до сотен штук у таких тяжелых элементов, как уран. Различные их группировки, «сцепки», определяют, насколько тот или иной атом устойчив или нет.

Как распадаются ядра?

Что происходит с атомным ядром, когда оно испускает радиоактивное излучение? Остается ли оно неизменным? Или, быть может, испытывает какие-то превращения? Поиски ответов на эти вопросы, продолжающиеся несколько десятилетий, привели ученых к неожиданному, но очень важному выводу.

Естественная радиоактивность, обнаруженная более 100 лет назад, дала представление о том, что внутри ядер атомов вещества запасена огромная энергия. О таких веществах вы, наверное, слышали, например, это уран. Так нельзя ли сконцентрировать его, обработав горные породы, в которых он рассеян по Земле? И тем самым получить источник энергии очень большой мощности? Оказалось, что эта задача в принципе решаема, но нужного нам сорта урана в природе не слишком много.



Кропотливые исследования, однако, показали, что можно создать искусственную радиоактивность. То есть как бы подталкивать ядра тяжелых элементов к тому, чтобы они начали распадаться, высвобождая сдерживаемую мощными **ядерными силами** энергию.

Во всех случаях распада из тяжелого ядра получаются более легкие, такие, например, как ядра атомов железа.

Энрико Ферми (1901–1954) — итальянский физик. Работал в области атомной и ядерной физики, астрофизики, исследовал космические лучи. Открыл искусственную радиоактивность, положил начало нейтронной физике. Доказал возможность цепной ядерной реакции деления урана. Построил первый ядерный реактор и осуществил его запуск, участвовал в создании американской атомной бомбы.

К концу 30-х годов в нескольких странах учеными было найдено, как заставить ядра делиться. А в 1942 году в США был запущен первый в мире **ядерный реактор**. Эта работа

проводилась под руководством итальянского физика **Энрико Ферми**. Так была открыта первая страница в истории использования ядерной энергии.

Почему взрывается атомная бомба?

Как распорядиться той колоссальной энергией, которая скрывается внутри атомных ядер? К сожалению, первое применение она нашла в оружии чудовищной разрушительной силы — атомной бомбе. Невероятные усилия ученых, направленные на познание строения вещества, были использованы так, что многие из них впоследствии стали активными борцами за запрещение этого оружия.

И все же, в чем суть этого изобретения? Очищенное и сконцентрированное ядерное горючее, например, уран, размещают «дольками» в снаряде. Сам по себе этот уран распадается очень долго. Но когда при попадании бомбы в цель срабатывает детонатор «обычного» взрыва, его мощное давление сдвигает «дольки» вместе. Образуется так называемая критическая масса урана, в которой реакция деления ядер невероятно убыстряется. Ее еще именуют **цепной реакцией**. Внутриядерной энергии выделяется так много, что она и создает взрыв чудовищной силы.

Впервые такое оружие было применено американцами 6 августа 1945 года, когда на японские города Хиросиму и Нагасаки были сброшены две бомбы, начиненные ядерной взрывчаткой. Многие годы после этого самые крупные страны мира производили подобное оружие в огромных масштабах. Эра ядерного противостояния недавно, можно надеяться, завершилась. Правда, опасность распространения этого оружия

существует, поэтому здравомыслящие люди, в том числе и ученые, пытаются найти способы полного его запрета.

Как работает мирный атом?

Создание ядерного реактора показало ученым и конструкторам, как можно «приручить» энергию, заключенную в самых глубинах вещества. Реакция деления тяжелых радиоактивных ядер может быть неуправляемой, когда вся энергия выделяется одновременно, взрывообразно. Это и происходит в атомной бомбе. Но можно и регулировать испускание этой энергии, отбирая ее у ядерного топлива постепенно, небольшими порциями.

Игорь Васильевич Курчатов (1903–1960) — российский физик. Внес заметный вклад в изучение электрических свойств кристаллов, провел ряд исследований по физике полупроводников. Занимался ядерной физикой, проблемой деления тяжелых ядер. Возглавил работы по овладению ядерной энергией. Под его руководством был запущен первый советский уран-графитовый реактор, создавались советские атомная и

водородная бомбы, была введена первая в мире атомная электростанция. Начинал исследовать проблему управляемого термоядерного синтеза.

Так и поступают, загружая, например, уран в ядерный реактор. Выделение энергии происходит в таком режиме, когда можно в любой момент «заглушить» ядерную реакцию. Для этого в котел с топливом быстро погружают стержни из специального материала, способные поглотить частицы, вызывающие реакцию.

Первая **атомная электростанция** (АЭС), основой которой являлся реактор, была запущена в 1954 году в нашей стране. Выделяемое при распаде ядер тепло нагревало пар, вращающий турбину, соединенную с генератором электрического тока. Хотя станция была небольшой мощности, но уже продемонстрировала преимущества ядерной энергетики. Затем и в нашей и в других странах стали строить реакторы все большей мощности и усовершенствованных конструкций. Доля электроэнергии, производимой сегодня в мире на АЭС, достигает заметной величины. Скажем, во Франции она составляет около 70 процентов всей вырабатываемой энергии.

Один килограмм ядерного топлива заменяет миллионы килограммов обычного. В то время, когда истощаются такие природные ресурсы, как нефть, уголь и газ, ядерная энергетика становится существенным подспорьем для человека. Кроме энергетических станций, ядерные реакторы используют в двигателях ледоколов, подводных лодок, ставят на искусственные спутники Земли.

Однако бурное развитие ядерной энергетики «притормозил ось» после нескольких крупных аварий с подводными лодками и на АЭС. Эти случаи лишний раз показали, насколько надо быть осторожными при работе со сложнейшими изобретениями.

Почему светит солнце?

Действительно, каков источник энергии нашего родного светила? Идут год за годом, столетия за столетиями, миллионы лет за миллионами, а оно все светит да светит.

Ученые довольно давно сделали любопытные расчеты. Из них следовало, что если бы Солнце состояло из любого известного топлива, скажем, угля, то оно при такой активной светимости очень быстро выгорело бы. Долгое время источник энергии Солнца оставался загадочным.

Изучение ядерных реакций привело к выводу, что энергия из глубин вещества может выделяться не только при делении тяжелых ядер. Есть и другой, как бы встречный, путь. Если соединить друг с другом ядра очень легких атомов, например, водорода, то они, образуя новое, более тяжелое ядро, также высвободят энергию. Эти реакции объединения легких элементов получили название термоядерных, или **реакций синтеза**.

Чтобы такая реакция пошла, легким положительно заряженным ядрам необходимо подойти на очень близкое расстояние. Только тогда вступают в действие мощные ядерные силы, которые позволят этим ядрам слиться в одно, новое. Но попробуйте сблизить два положительных заряда! Закон электрического взаимодействия подскажет, что чем они ближе, тем сильнее должны отталкиваться. Как же быть?

На Солнце и на звездах природа справилась с этой задачей. Давление и температура внутри них настолько велики, что «голенькие», без электронов, ядра легких элементов часто и с большой силой сталкиваются друг с другом. В таких условиях и создаются возможности для слияния ядер, ведущего к выделению огромной энергии.

Вот эту энергию мы и получаем на земле от Солнца в виде излучения. От далеких звезд оно, естественно, приходит к нам, значительно ослабев. Правда, надо сказать, что это объяснение светимости звезд наталкивается на некоторые трудности… Над их «устранением» сейчас ломают голову ученые.

Удастся ли укротить «термояд»?

А можно ли зажечь Солнце на Земле? Как бы перенести к нам кусочек раскаленного до миллионов градусов шара? Увы, эта задача пока оказалась человеку не «по зубам». Вернее, изобрести оружие с использованием мощи реакций, подобных идущим на Солнце, он смог. Однако это «дьявольское» изобретение, разрушительнее которого мы не знаем, неуправляемо. То есть можно «запустить» **термоядерную реакцию**, но только в бомбе, только взрывом. А вот «держать ее на поводке» никак не удается.

«Укротить» термояд пробуют не один десяток лет. Не раз казалось, что вот-вот — и задача уже решена. Даже планировали, в какие сроки будет построена электростанция с применением управляемого термоядерного синтеза. Можно понять, почему так заманчива была это проблема для исследователей и инженеров. Ведь ее решение обеспечило бы нам практически неисчерпаемый источник энергии. «Горючего» для термояда — легких элементов — вроде бы полным-полно.

Андрей Дмитриевич Сахаров (1921–1989) — российский физик. Один из авторов идеи о получении управляемой термоядерной реакции, внес огромный вклад в создание водородной бомбы. Занимался ядерной физикой и проблемами элементарных частиц, связал процессы в ранней Вселенной с кварковой структурой материи. Предсказал нестабильность протона. Активно противодействовал накоплению ядерного оружия на планете.

Надо сказать, что на пути овладения термоядом были сделаны выдающиеся открытия, созданы уникальные физические установки, множество изобретений оказалось полезным для самых различных наших нужд. Однако главная задача до сих пор решению не поддается, и сейчас трудно сказать, когда же эти работы завершатся.

Соблазн поймать термояд «за хвост» был так велик, что несколько лет назад весь научный мир всколыхнула сенсация. Некоторые ученые заявили, что обнаружили реакцию синтеза при низких температурах. Многочисленные опыты и проверки этого не подтвердили. Говорить можно было о любопытном явлении, но никаких «кладовых энергии» за ним не скрывалось.

Что ж, в науке бывает и такое. Ее история богата не только достижениями, но и ошибочными идеями и мистификациями. Главное — суметь отделить одно от другого и не упустить странного, на первый взгляд, но верного предположения.

Масса — это энергия?

Как может концентрироваться невероятно большая энергия в ничтожно маленьких частичках вещества? По всей видимости, эта энергия не похожа на энергию движущегося автомобиля или ракеты, горящего топлива и на энергию просто горячего тела.

Когда физики научились делать тончайшие измерения, они смогли буквально «взвесить» и отдельный атом, и даже входящие в его состав частички. Выяснилось, что если подобным образом измерить массу вступающих в ядерную реакцию частиц и сравнить с массой того, что оказалось в результате реакции, то получается…

Вот тут ученых ждало еще одно поразительное открытие. Измеренные «до» и «после» массы были не равны. Куда же подевалась разница? А давайте лучше спросим себя, откуда взялась выделяемая в реакции энергия? Удивительно, но эти два вопроса говорят об одном и том же. Надо только сделать шаг: «убыль» массы связать с «прибылью» энергии.

Этот смелый шаг был совершен как бы заранее, до всяких измерений. И сделал его в начале нашего века великий ученый Альберт Эйнштейн при создании им так называемой **теории относительности**. Мы позволим себе записать формулу, заключающую мысль о связи массы и энергии, в таком, словесном виде:

Пусть сейчас эта фраза звучит для вас, как китайская грамота, не страшно. Вам с ней обязательно и не раз придется еще столкнуться. Это одна из самых главных идей в физике, да и не только в ней, а вообще в науке.

Возможность преобразования массы в энергию и наоборот, как говорят ученые, их эквивалентность, равнозначность — один из краеугольных камней современного взгляда на природу. Поэтому теория относительности наряду с квантовой теорией, — база современной физики.

Что такое аннигиляция?

Теория относительности, созданная в начале этого века Альбертом Эйнштейном, приводит к поразительным результатам. Скажем, возможность «перехода» массы в энергию и наоборот подсказывает такую идею. Если пустить навстречу друг другу две очень маленькие, или как их еще называют, элементарные частички, то при ударе «в лоб» они могут часть своей энергии движения преобразовать в… новые частички. Эти удивительные превращения наблюдаются в современных ускорителях. Можно сказать, что это стало обычным, будничным событием.

Еще пример. В 1930 году английским физиком **Полем Дираком** впервые было предсказано существование **античастиц**. Это — вроде бы по всем свойствам такие же частицы, как и известные нам, только с противоположным зарядом. Например, у хорошо знакомого нам электрона должен быть его «собрат» из антимира — **позитрон**, или положительный электрон. Так вот, при встрече частиц и античастиц должна происходить аннигиляция — их взаимное уничтожение. Это, однако, не значит, что от них не остается совсем ничего. Масса и энергия этих частиц переходят в «чистую» энергию — энергию излучения. Такие процессы также наблюдаются в ускорителях, более того, все чаще используются для исследования микромира.

Поль Дирак (1902–1984) — английский физик-теоретик. Разрабатывал математический аппарат квантовой механики. Предположил существование положительно заряженного электрона — позитрона, открытого позднее экспериментально. Предсказал существование античастиц и аннигиляцию — один из видов превращений элементарных частиц.

Нужно сказать еще об одном необыкновенном следствии из теории относительности. Разгоняемые естественными космическими полями или «руками» ускорителей частицы при увеличении скорости наращивают свою… массу. Теория ставит предел всем скоростям в природе. Это — скорость света. По мере приближения к ней энергия, расходуемая на разгон частицы, «вынуждена» идти не на рост скорости, в, выходит, на рост массы.

Этот факт при малых скоростях окружающих нас предметов остается незамеченным — так ничтожен эффект. Но для легеньких элементарных частиц это выглядит совершенно по-иному. Их масса словно разбухает в десятки, сотни раз.

Все сказанное о «переходах» массы в энергию и обратно надежно подтверждается в опытах. К сожалению, самый «яркий» и

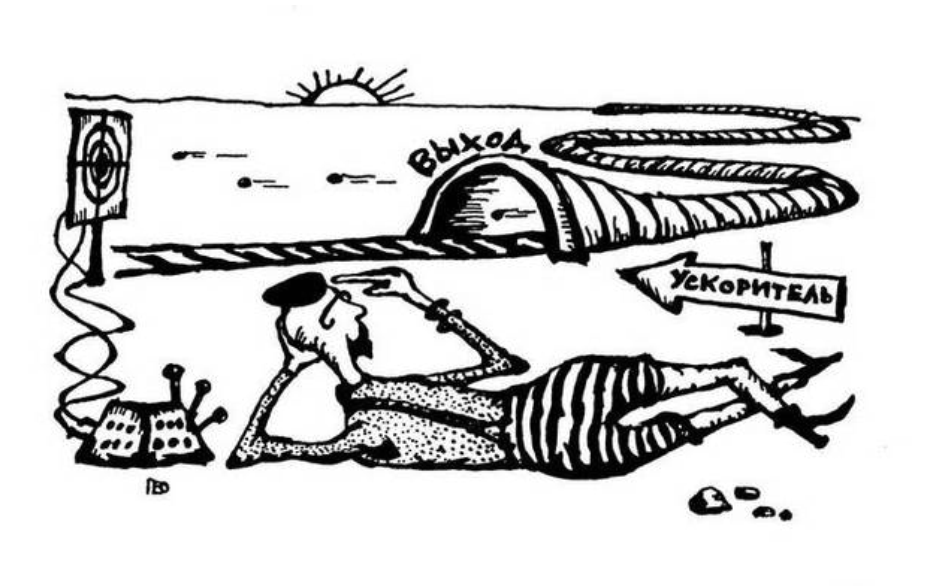
убедительный из них — взрыв атомной или водородной бомбы.

Можно ли поймать кварк?

Что происходит на «выходе» из ускорителя? Этот огромный современный прибор, служащий для изучения микроскопических частиц, прежде всего разгоняет их с помощью электрического и магнитного полей. А вот когда частицы уже «набрали» необходимую энергию, их выводят из ускорительных колец и направляют на мишени.

Что бывает, если обычный снаряд попал в цель? Ясное дело, взрыв. Так и элементарные частички — электроны, протоны и даже заряженные ядра атомов, — ударив по мишени, вызывают малюсенькие «взрывы». Только разлетаются здесь не осколки металлического снаряда, а рожденные при ударе новые частицы.

Чтобы зафиксировать результаты этой «бомбардировки», мишень окружают большим количеством детекторов. Это приборы, которые «ловят» вылетевшие при ударе о мишень частички, измеряют их скорость, массу, энергию, заряд. Таким образом собирают сведения о всех деталях взаимодействия и устройства частиц. Каких только хитроумных изобретений ни придумали инженеры и физики! Весь арсенал классической и современной науки работает при создании детекторов.



Не будь ускорителей и детекторов, не удалось бы еще глубже заглянуть в строение материи. Разве электрон, протон, нейтрон — частички, составляющие атом и его ядро — самые крохотные

«дольки» вещества? Исследования на ускорителях ответили — нет!

Ричард Фейнманн (1918–1988) — американский физик-теоретик. Занимался квантовой теорией, физикой элементарных частиц, сверхпроводимостью, теорией тяготения. Разработал способ объяснения возможных превращений частиц. Предложил составную модель протона и нейтрона. Автор широко известного курса «Фейнмановские лекции по физике».

По всей видимости, элементарные, простейшие частицы вовсе не так просты. То есть они сами состоят из еще более мелких «деталек», названных **кварками**. Природа и здесь преподнесла нам сюрприз: хоть кварки и «сидят» внутри частиц, «выманить» их оттуда невозможно. Чем-то это похоже на строительство из блоков — каждый блок состоит из деталей, но они так сцементированы, что разъединить их нельзя.

Отчего неуловимы нейтрино?

А сколько всего «элементарных» частиц? За последнее столетие их обнаружили несколько сотен, причем очень разных, непохожих друг на друга — целый зоопарк. Об одной из них, совсем удивительной, стоит рассказать особо.

Изучая ядерные реакции, физики столкнулись с довольно хитрой загадкой. В каких-то случаях не сходились концы с концами, возникала, говоря языком торговцев, недостача энергии. Но допустить, что нарушается закон ее сохранения, ученые не могли. Пришлось даже изобрести, выдумать особую частичку, которая будто бы уносила с собой вот эту недостаточную энергию. Назвали ее нейтрино, что в переводе с итальянского означает «нейтрончик». Дело в том, что частичка эта нейтральна, не имеет заряда, и «поймать» ее, обнаружить обычными способами нельзя.

Двадцать долгих лет нейтрино существовало лишь теоретически, «в голове». Возникали вполне естественные сомнения в том, что она вообще может быть. И только когда были созданы ядерные реакторы, стало возможным найти ее следы. По этим следам, как детективы, ученые восстанавливали картину событий, в которых принимают участие нейтрино.

Вольфганг Паули (1900–1958) — швейцарский физик-теоретик. Работал во многих разделах современное теоретической физики, один из создателей квантовой механики. Сформулировал один из важнейших принципов строения вещества. Высказал гипотезу о существовании нейтрино и предсказал ее свойства. Глубоко занимался теорией элементарных частиц и ядерных сил.

Почему же так важно сегодня ее обнаружить? Ведь нейтрино, как говорят ученые, очень слабо взаимодействует с веществом. Представьте себе стальную плиту между Солнцем и Землей. Даже сквозь нее нейтрино пройдет, как через масло. Поэтому для ее фиксации необходимо строить приборы размером с многоэтажные дома.

Однако сложности, связанные с «поимкой» нейтрино, имеют обратную сторону. Легко проходя через огромные толщи вещества, нейтрино способны вырваться из недр Солнца и звезд и донести до нас ценнейшую информацию о них. Скажем, в 1987 году произошло редчайшее событие — в космосе взорвалась сверхновая звезда. Помимо световой вспышки и всплеска электромагнитных излучений самых разных длин волн, исследователям удалось зарегистрировать «испущенные» во время взрыва нейтрино. Сведения, принесенные нам этими частицами, значительно дополнили картину происходящих со звездой событий.

Возник целый раздел науки, занимающийся поиском новых излучений от неземных источников, — **нейтринная астрономия**.

Хотите отправиться в будущее?

Не читали ли вы роман Герберта Уэллса «Машина времени»? А может быть, вы смотрели популярный фильм «Назад в будущее»? Как видите, заманчивая идея путешествия во времени не дает покоя фантастам. А разве сами вы не мечтали о том, чтобы попасть в прошлое и взглянуть, например, на живых динозавров? Или залететь лет эдак на 200–300 в будущее, как оно там все будет выглядеть?

Оказалось, что физика в принципе допускает возможность полета в будущее. Именно полета, потому что, согласно теории относительности, в движущемся теле течение времени должно замедляться. Например, если запустить космический корабль с большой скоростью, то лет за пять его полета на Земле может пройти до 1000 лет. Вернувшиеся домой космонавты застали бы довольно далекое будущее.

А если там нам будет неуютно? Можно ли тогда развернуться и отправиться назад? Вот тут-то и возникают большие проблемы. Возможность путешествовать в прошлое меняет местами причину и следствие. Приводят такой жестокий пример. Вы, оказавшись в прошлом, убиваете свою собственную молодую бабушку. Как же вы тогда могли бы появиться на свет, и все это сотворить? Остается допустить, что существуют параллельные миры, в которых жизнь «разыгрывается» по различным сценариям. То есть тут, в нашем мире, вы живете по-нашенски, в каком-то другом — по-иному, а еще в третьем — вообще ни по-каковски: там вас вовсе нет. Ну что, нравится?

Фантазий на эту тему бесконечно много. Однако об этом думают и серьезные ученые. Несколько лет назад американские физики теоретически разработали проект машины времени, способной путешествовать и в прошлое. В нем также использованы идеи теории относительности. Правда, технически осуществить такой перелет невероятно сложно. Пока неизвестно, когда человек сможет воплотить этот проект в реальность и проверить — действительно ли заработает такая машина или все же в расчеты ученых вкралась ошибка.

Что такое черная дыра?

Небо над нашими головами кажется неизменным, вечным. Однако так же, как и люди, все небесные тела, в том числе и звезды, появляются на этот свет, живут и исчезают. Наука за последние десятилетия позволила так много узнать о жизни звезд, что теперь можно описать историю буквально каждой из них. А средства, с помощью которых исследуют космические просторы, предоставила астрономам физика. Родилось отдельное научное направление, именуемое **астрофизикой**.

По-разному складывается судьба звезд. Одни из них, небольшие по массе, после выгорания в их недрах ядерного «горючего» превращаются в маленькие белые звездочки. Их называют «белыми карликами».

Звезды помассивнее сильно сжимаются тяготением. Вращающиеся вокруг ядер атомов электроны буквально вдавливаются в них. В результате образуются нейтральные частицы — нейтроны, «упакованные» столь плотно, что кусочек вещества такой звезды становится чудовищно тяжелым. Если взять его «с ноготок», то там уместится около миллиона тонн. Такие нейтронные звезды тоже помогла обнаружить астрофизика.

Если же звезда очень велика по массе, то она так сильно будет сжиматься, так все вокруг притягивать, что даже лучику света не удастся вырваться наружу. Получается как бы космическая «дыра», куда все входит, а назад — ходу нет. Ее и называют черной.

Но раз так, то она не должна быть видимой. «Выдают» ее

соседки-звезды. Они могут вращаться вокруг черной дыры, с них в нее может перетекать, излучая волны, вещество. Такое излучение обнаружено, поэтому ученые полагают, что оно вызвано именно черной дырой.

Существование этого необычного космического объекта, рассчитанного с помощью теории относительности, еще требует проверки и более весомых доказательств. Но как часто красивую идею природа словно бы сама поддерживала, и недостающие факты рано или поздно находились.

Существует ли «Формула Мира»?

А как живет и развивается весь наш Мир целиком? И можно ли говорить о нем, как о чем-то едином? Разве не допустимо, что это просто набор, «куча» огромного количества звезд и их скоплений — галактик? Но если мы обнаружили, что звезды объединяются в целые системы — галактики — и живут там вместе, «семейной» жизнью, то почему бы и галактикам не образовать свою гигантскую семью? Ведь люди уже дали ей имя — Вселенная.

Спиральная галактика

В XX веке человек посягнул на изучение всего нашего мира целиком. Были найдены такие формулы, в которых описывалось рождение и развитие всей Вселенной. До сих пор эта идея будоражит умы. Согласитесь, очень трудно представить, что когда-то весь наш Мир заключался в крохотном объеме, из которого 15–20 миллиардов лет назад он начал стремительно расширяться. Сегодня это его «разбухание» заметно замедлилось. Тем не менее, в конце 20-х годов было установлено, что звезды и галактики все-таки разбегаются друг от друга.

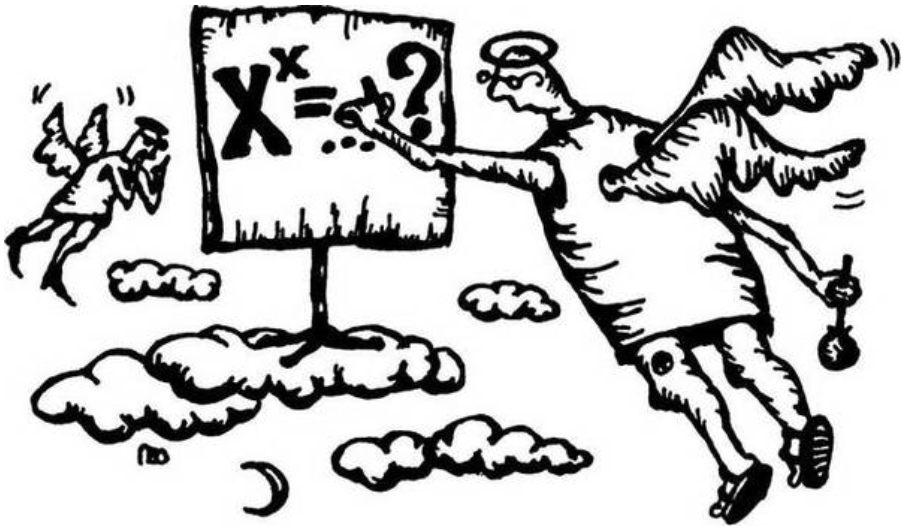
Александр Александрович Фридман (1888–1925) — российский физик и математик. Проводил исследования в области механики жидкости, метеорологии, физики атмосферы. Первым познакомил русских физиков с теорией относительности. Дополнив результаты Эйнштейна, доказал возможность существования расширяющейся Вселенной, что было подтверждено открытием разбегания галактик.

Но если это так, то что ждет Вселенную в грядущем? Будет ли она неограниченно расширяться? Или процесс повернет обратно и когда-нибудь все станет стягиваться? А что было до начала расширения? Как образовались галактики? Каковы были первые минуты существования Вселенной? Эти и множество других вопросов занимают как обычных людей, так и выдающихся ученых. Но окончательных ответов все еще нет.

Георгий Антонович Гамов (1904–1968) — российско-американский физик-теоретик. Работы посвящены квантовой механике, атомной и ядерной физике, астрофизике, биологии. Рассчитывал модели звезд с термоядерными источниками энергии. Создал модель «горячей Вселенной», в рамках которой предсказал реликтовое излучение из далекого прошлого, что подтвердилось экспериментальным открытием. Первым поставил проблему генетического кода.

Выяснилось, что **физика элементарных частиц** — самого малого в природе — и астрофизика, описывающая весь Мир в целом, теснейшим образом переплелись. Похоже, одно без другого, по отдельности, не может быть. Наверное это лишний раз говорит о том, что природа едина, и изучать ее должна одна большая наука.

Проблем и задач перед ней — очень много. И нас с вами ждет еще немало интереснейших открытий.


X^X=?

Миражи космические и земные

Нам кажется, что любой ночью мы видим одно и то же небо. Все звездочки распределены по созвездиям, а все созвездия, словно материки на глобусе, неподвижно «приконопачены» к небосклону. Каково же будет ваше удивление, когда вы узнаете, что мы видим звезды вовсе не там, где они на самом деле. Почему, спросите вы?

Будь у нас возможность быстренько взлететь на ракете на высоту эдак километров двести, то мы обнаружили бы следующее. Картина звездного неба вроде бы осталась той же самой, но все созвездия словно разъехались по небесной карте, звездочки как бы отодвинулись друг от друга.

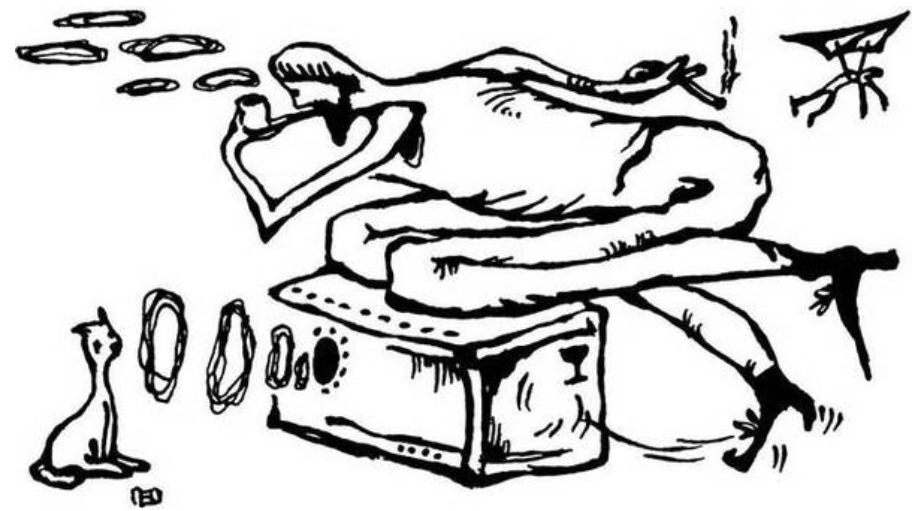
Дело в том, что, стоя на земле, мы будто находимся на дне воздушного океана — атмосферы. Наблюдение отсюда напоминает взгляд из-под воды на предметы, расположенные по берегам. Лучи света, идущие от звезд, проходя атмосферу, загибаются, непрерывно преломляясь во все более уплотняющемся воздухе. А глазу звезды будут казаться лежащими на прямой линии, то есть выше своего истинного положения.

Получается, что наблюдаемое нами звездное небо в каком-то смысле — **мираж**. Подобные миражи возникают и от земных предметов.

Например, раскаленный песок в пустыне или нагретый летом асфальт создают при наблюдении издалека видимость водной глади. А в ней дальние предметы отражаются, как в реке. Получается это потому, что теплый воздух у поверхности имеет меньшую плотность, чем холодный наверху. Бегущие издали световые лучи, преломляясь, загибаются теперь кверху, а потом попадают к нам в глаза.

Где появляются смерчи?

Возможно, вам приходилось видеть, как опытные курильщики выпускают ртом в воздух дымовые кольца. Безусловно, мы не советуем вам следовать их примеру. Но разобраться с возникновением таких колец рекомендуем. Для этого, кстати, вовсе не обязательно обращаться к табачным изделиям. Можно провести опыт с ящиком, в одной из стенок которого сделано отверстие диаметром сантиметров 10. Противоположную стенку надо снять и затянуть упругой пленкой. Если теперь наполнить ящик «дымом», скажем, от «сухого льда», и щелкнуть по пленке, то из отверстия вырвется вращающееся туманное кольцо.



Образуются такие кольца от завихрений воздуха у краев отверстия. Возникающая «закрутка» способна заметное время сохранять форму кольца. Наловчившись, можно добиться того, что кольца будут догонять, ударять или проходить друг сквозь друга.

В природе завихрения, правда, уже не кольцевые, порождаются, к примеру, восходящими потоками нагретого воздуха. Это явление часто встречается в пустынях. Поднимаясь ввысь, воздух закручивается, втягивая в себя песок и пыль, которые выдают размеры этих вращающихся воздушных столбов. Их называют **смерчами**. Бывает, что они достигают десятков метров в ширину и сотен — в высоту. Такие огромные смерчи, именуемые в Северной Америке «торнадо», способны вызвать немалые разрушения. Их силы хватает, чтобы переносить дома.

Но есть и рисковые любители смерчей — планеристы. Им удается так использовать вихревое вращение воздуха, что оно поднимает планеры на большую высоту.

Вы можете и сами устроить небольшой пыльный смерч, если покрутите дощечкой вблизи нагретого участка земли или асфальта.

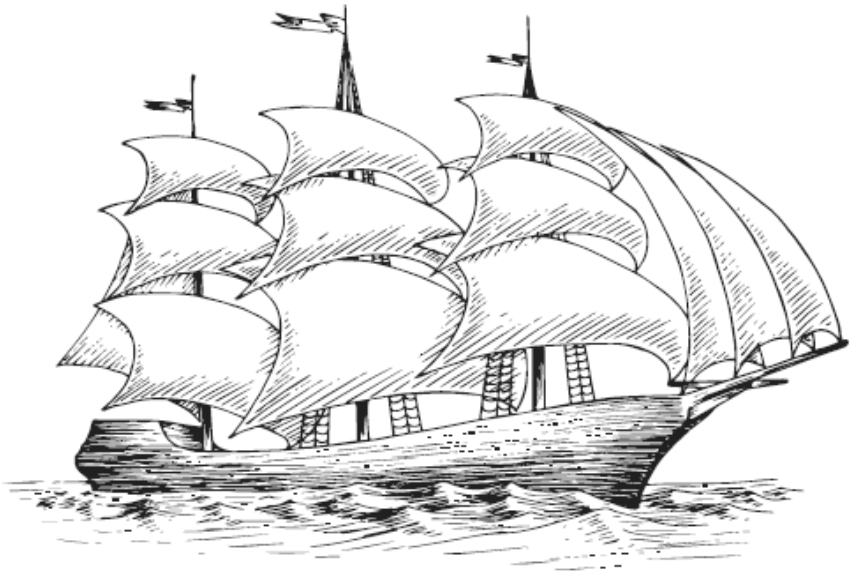
Как в море рождаются волны?

«Ветер по морю гуляет…» Здесь мы даже не скажем, кто автор этих стихов, он должен быть хорошо вам знаком. А вот как происходит встреча двух стихий — водяной и воздушной? Она не всегда бывает безоблачной. Полный штиль, когда водная гладь напоминает зеркало, сменяется легкой рябью. Затем по воде начинают бежать небольшие волны. Ветер усиливается — и скоро мы замечаем пенистые буруны. А уж когда волны достигают высоты в несколько метров, мы говорим — шторм.

Понятно, что волны образуются и растут от перемещения воздушных масс — ветра. Но дело не только в его силе, но и в продолжительности, а также в том, насколько много простора для волн. Можно, конечно, устроить и «бурю» в стакане воды. Но вы, разумеется, догадываетесь, что самое большое волнение достигается в открытом океане. Знать особенности взаимодействия ветра и воды — значит правильно рассчитать конструкцию кораблей и верно проложить морские пути. Там, где штормит поменьше и пореже.

Казалось бы, на берегу значительно безопаснее, чем в открытом море. И легче укрыться от шторма, и потонуть-то вроде бы негде. Однако природа преподносит каверзные сюрпризы. В глубине океана из-за подводных землетрясений или извержений вулканов могут образоваться гигантские одиночные волны. С бешеной скоростью несутся они в океане, сперва незаметно для глаз. Но домчавшись до берега, они вырастают до огромной величины и обрушиваются на сушу, сметая все на своем пути. Эти самые большие и страшные волны, рожденные океаном,

называются **цунами**.



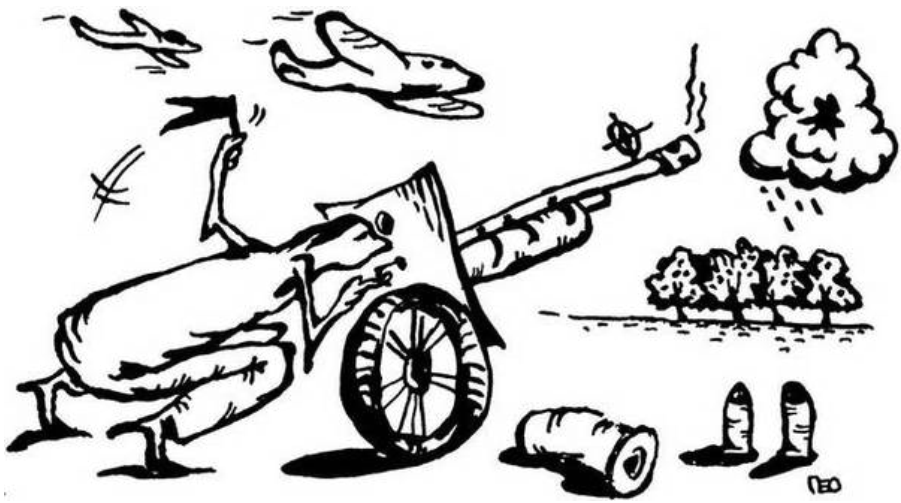
Долгое время спасения от этой опасности не существовало. Можно было в каких-то случаях лишь успеть убежать в горы. Однако наука ищет способы помочь людям. Удалось выделить на побережьях наиболее опасные зоны. А сейчас идут поиски методов предупреждения о надвигающемся цунами, чтобы оставалось достаточно времени для эвакуации приморских жителей.

Чем одолеть грозу?

Вам, безусловно, хорошо знакомо такое неприятное явление природы, как **град**. Да и гроза, которую он сопровождает, тоже, бывает, приносит много невзгод. Сколько помнит себя человек, столько он мечтал о каком-нибудь чудесном средстве, способном защитить его от этих стихийных бедствий. Наука принесла ему, помимо прочего, и такую возможность. Теперь, в принципе, можно одолеть грозу с градом не только заклинаниями и молитвами. Но для этого пришлось поставить и вести до сих пор широкомасштабные метеорологические эксперименты.

Представьте себе аэродром в одном из южных районов страны, в крае, где выращивают виноград. Синоптики предсказали возможность грозы во второй половине дня. Начинается работа. Сперва поднимается в воздух большой самолет-лаборатория, заполненный до предела научной аппаратурой. Здесь — датчики давления, температуры, влажности и еще многих важных для опыта величин. Прильнувшие к иллюминаторам исследователи, постоянно держа связь с землей, «охотятся» за грозоопасным облаком. На аэродроме им помогают, используя **радиолокатор**, настроенный на поиск очагов образования града. И вот «жертва» выбрана. Это, как правило, гигантское кучевое облако, достигающее высоты до 10 километров. Верхушка его буквально на глазах клубится, указывая на интенсивный рост. Начальник экспедиции дает команду на взлет второму самолету — боевому бомбардировщику, переделанному под сброс мирных снарядов. Круто набирая высоту, бомбардировщик выходит на цель.

По сигналу с первого самолета второй производит сброс специального вещества в самую верхушку облака. И если все было рассчитано правильно, облако начинает рассасываться. Опасность града миновала! Виноградарь может быть спокоен.

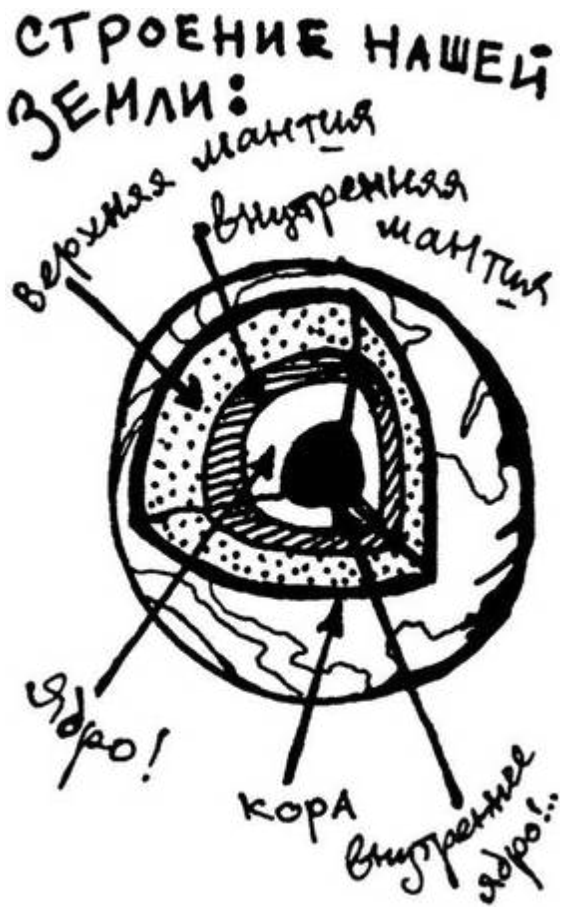


Бомбардировщик идет на посадку. Летающая лаборатория еще долго кружит у «обезвреженного» облака, проводя фото- и кино-съемку. Необходимо сделать измерения для анализа результатов и подготовки к следующим опытам. Борьба с градом во многих случаях приносит успешные плоды. Помимо бомбардировок облаков с воздуха, еще применяются градобойные орудия, доставляющие противоградовый заряд внутрь «подозрительного» облака.

Так ли тверда земля?

Мы не задумываясь говорим — «земная твердь». Но так ли мы уверены в том, что наша родная Земля — твердая до самой середины?

Возможно, вы слышали, что внутри Земля жидкая. Но уж ее внешняя оболочка — кора — тверда по-настоящему. Так-то оно так, но парадокс в том, что вещество Земли способно… течь. Конечно, такие течения практически незаметны для нас, поскольку их скорость равна нескольким сантиметрам в год. Скажем, на расстояние, равное диаметру земного шара, с такой скоростью можно переместиться за полмиллиарда лет. Земля, судя по расчетам ученых, старше раз в 10, и за этот срок ее поверхность могла значительно перемениться.



Вот, к примеру, на Луне видны полустертые остатки

громадных кратеров. Это свидетельство древнейших событий — падений крупных метеоритов. Таким образованиям 3–4 миллиарда лет. Почему же на Земле не сохранилось подобных следов? О причине мы уже сказали — наша планета может течь, подобно очень густой сметане, «размазывая» неровности.

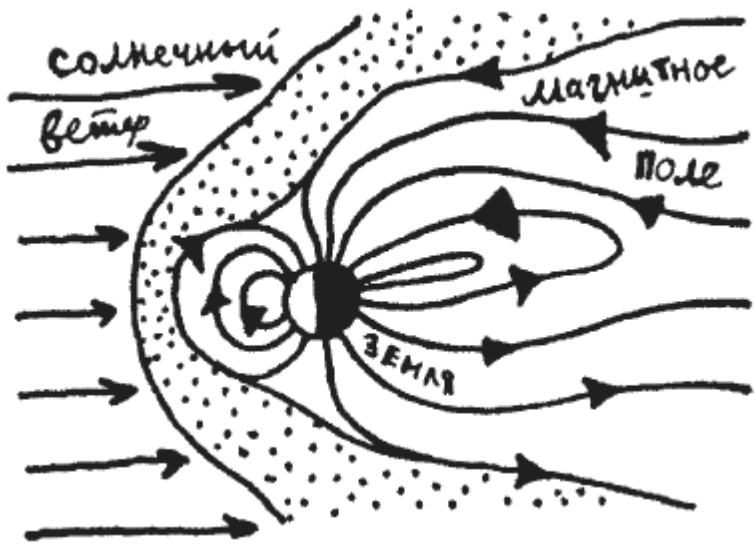
Еще один пример. Около 10 тысяч лет назад, когда на Земле потеплело, растаяли обширнейшие ледники, покрывавшие Северное полушарие. Освободившись от давления слоя льда высотой в 2 километра, земная кора стала подниматься. И сейчас этот подъем продолжается в северных странах по нескольку миллиметров в год. Это тоже объясняется течением вещества Земли.

Добавим, что каменная кора Земли состоит из колоссальных отдельных плит. Они очень медленно перемещаются друг относительно друга. В местах их пересечений Земля неспокойна. Там часто происходят землетрясения и извержения вулканов.

Живописец северного неба

Как красивы полярные сияния! Разве не интересно, какой художник рисует в северном небе эти картины? Может быть, ответ покажется скучным, но это — **магнитное поле Земли** и прилетевшие к нам из космоса заряженные частички.

Хотя Земля — большой магнит, поле вокруг нее выглядит не так, как поле просто намагниченного шара. Если изобразить его с помощью силовых магнитных линий, то они окажутся как бы скособоченными. Со стороны Солнца поле словно бы приплюснуто, а с противоположной — необыкновенно сильно вытянуто. Искажает стройную картину линий собственного магнитного поля Земли так называемый солнечный ветер. Это — поток заряженных частиц, испускаемых во все стороны Солнцем.



Тем не менее у полюсов Земли магнитное поле сильнее, чем в других областях. И когда заряженные частицы, захваченные магнитным полем, начинают «крутиться» вокруг его линий, их постепенно сносит в зону сильного поля — к полюсам. Там эти частицы достигают таких скоростей, что, бомбардируя воздух в верхних слоях атмосферы, заставляют его светиться. Этот переливающийся разными красками свет и назвали полярным сиянием.

Поток вещества от Солнца непостоянен. Бывают годы активного Солнца, бывают и частые нерегулярные вспышки.

Земная магнитосфера реагирует на них, и в ней возникают **магнитные бури**.

Растет интенсивность полярных сияний, перемены в магнитном поле Земли отмечают приборы и, как теперь мы знаем, к ним весьма чувствительны люди. Поэтому наряду с обычными сводками погоды нам сообщают о «неблагополучных» магнитных днях.

Эпилог

На мир можно смотреть с разных сторон. Науки дают возможность взглянуть на него порой с необычных позиций. Словно волшебные очки, которые вы надели на время и увидели все вокруг в неведомых красках.

В этой книге мы старались представить вам «очки», созданные физикой и техникой. Конечно, всего через них увидеть не удалось — не все уместилось в книге. Как хотелось бы рассказать в ней, например, о катерах на воздушной подушке, о звучании колокола или о вакууме, который вовсе не так уж пуст, как кажется…

Но лучше, если книга разбудит больше мыслей, чем содержит. Если вам стало интересно то, о чем здесь шел разговор, если возникли новые вопросы, совет один — ищите ответы в других, новых для вас книжках и читайте их побольше.

Мы надеемся, что так я будет. А наша книга послужит лишь увертюрой, вступлением к очень долгому — длиной в целую жизнь — произведению. Называется оно — познание Мира. Желаем успехов!

В заключение автор выражает искреннюю признательность первым своим помощникам и рецензентам книги — Сане и Леше Власовым, а также всем своим ученикам младших классов, благодаря которым и для которых, собственно, она и была написана.